

**ÉTUDE HYDRODYNAMIQUE, SÉDIMENTOLOGIQUE ET
BIOLOGIQUE DES SITES DE MARIA, SAINT-SIMÉON,
BONAVENTURE, NEWPORT ET CAP-D'ESPOIR DANS LA BAIE DES
CHALEURS, QUÉBEC, CANADA**



Bernard Long
INRS-ETE

Pour

Ministère des Transports du Québec
contrat 3100-00-QH02

Québec, Octobre 2005

ISBN : 978-2-89146-741-4

ÉQUIPE DE TRAVAIL

COORDINATION

- **Bernard Long** : responsable du contrat (3100-00-QH02), DSc. (géologie), professeur titulaire en dynamique sédimentaire et sismostratigraphie, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)
- **Gaston Desrosiers** : DSc. (biologie), professeur titulaire biologie benthique, Institut des sciences de la mer à Rimouski (UQAR-ISMER)

MESURES DE TERRAIN

- Bernard Long : DSc. (géologie), professeur titulaire en dynamique sédimentaire et sismostratigraphie, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)
- Laure de Montety : biologiste, ISMER
- Loïc Noël : stagiaire, INRS-ETE
- Maud Ulmann : géologue, étudiante au doctorat, INRS-ETE
- Maude Boucher : étudiante à la maîtrise, INRS-ETE
- Régis Xhardé : étudiant au doctorat, INRS-ETE
- Caroline Roberge : étudiante à la maîtrise, INRS-ETE
- Jacques Labrie : ingénieur informatique, INRS-ETE
- Jean-François Crémer : étudiant postdoctoral, INRS-ETE
- Francis Moore : étudiant à la maîtrise, INRS-ETE

RÉDACTION ET RECHERCHE

- Bernard Long : DSc (géologie), professeur titulaire en dynamique sédimentaire et sismostratigraphie, INRS-ETE
- Gaston Desrosiers : DSc. (biologie), professeur titulaire biologie benthique UQAR-ISMER
- Laure de Montety : biologiste, ISMER
- Maud Ulmann : géologue, étudiante au doctorat, INRS-ETE
- Caroline Roberge : étudiante à la maîtrise, INRS-ETE
- Caroline Richard : stagiaire, INRS-ETE
- Jacques Labrie : ingénieur informatique, INRS-ETE
- Ruth Boivin : infographiste, CGC-Québec
- Luce Dubé : dessinatrice, INRS-ETE

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
1.1	CONTEXTE HISTORIQUE	1
1.2	OBJECTIFS	1
1.3	LE PROJET DE RECHERCHE	2
1.3.1	<i>Connaissance du milieu morphologique</i>	<i>2</i>
1.3.2	<i>Les connaissances du milieu sédimentaire et géologique</i>	<i>3</i>
1.3.3	<i>Connaissance du milieu biologique.....</i>	<i>3</i>
2	ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE DE LA BAIE DES CHALEURS.....	5
2.1	LE SUBSTRATUM ROCHEUX.....	5
2.2	LES DÉPÔTS QUATERNAIRES	6
2.2.1	<i>Les sédiments de régression</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Les sédiments transgressifs</i>	<i>7</i>
2.3	LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL	7
2.3.1	<i>Définition du système côtier</i>	<i>7</i>
2.3.2	<i>L'arrière-plage</i>	<i>9</i>
2.3.3	<i>La plage</i>	<i>9</i>
2.3.4	<i>L'avant-plage</i>	<i>9</i>
3	ENVIRONNEMENT PHYSIQUE.....	17
3.1	LA MARÉE.....	17
3.2	LES HOULES.....	18
3.3	LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	19
3.4	LES CONDITIONS HYDRIQUES.....	20
3.5	SYNTHÈSE.....	20
4	MÉTHODOLOGIE.....	25
4.1	LES RELEVÉS GÉOPHYSIQUES.....	25
4.1.1	<i>Le positionnement et la correction de marée</i>	<i>25</i>
4.1.2	<i>La sismique réflexion.....</i>	<i>26</i>
4.1.3	<i>Le sonar à balayage latéral.....</i>	<i>26</i>
4.2	LES PROFILS DE PLAGE.....	27
4.2.1	<i>L'approche par mesures d'arpentage</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>L'approche par mesures aéroportées.....</i>	<i>27</i>
4.2.2.1	<i>Le principe</i>	<i>27</i>
4.2.2.2	<i>L'équipement.....</i>	<i>27</i>
4.2.2.3	<i>Analyse des données d'altimétrie</i>	<i>28</i>
4.3	L'ÉCHANTILLONNAGE SÉDIMENTOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE	30
4.4	L'ÉCHANTILLONNAGE BIOLOGIQUE.....	31
5	BIOLOGIE DES SITES.....	33
5.1	SITE DE MARIA	33
5.1.1	<i>Zone intertidale (estran).....</i>	<i>34</i>
5.1.1.1	<i>Relevés biologiques sur les profils de plage.....</i>	<i>34</i>
5.1.1.2	<i>Diversité des espèces</i>	<i>35</i>

5.1.1.3	Abondance des espèces	35
5.1.2	<i>Zone côtière (avant-plage)</i>	36
5.1.2.1	Diversité des espèces	36
5.1.2.2	Abondance des espèces	37
5.2	SITE DE SAINT-SIMÉON ET BONAVENTURE.....	37
5.2.1	<i>La zone intertidale (estran)</i>	38
5.2.1.1	Relevés biologiques sur les profils de plage.....	38
a)	Diversité des espèces	39
b)	Abondance des espèces	39
5.2.1.2	Marais de Saint-Siméon, bas de plage.....	40
a)	Diversité des espèces	40
b)	Abondance des espèces	40
5.2.1.3	Marais de Saint-Siméon, herbier de Zostères	41
5.2.1.4	<i>Zone côtière</i>	41
a)	Diversité des espèces	41
b)	Abondance des espèces	41
5.3	SITE DE NEWPORT	43
5.3.1	<i>Zone intertidale (estran)</i>	43
5.3.2	<i>Zone Côtière</i>	44
a)	Diversité des espèces	44
b)	Abondance des espèces	44
5.4	CAP-D'ESPOIR	46
5.4.1	<i>Zone intertidale(estran)</i>	46
a)	Relevés biologiques sur les profils de plage.....	46
b)	Abondance des espèces	47
5.4.2	<i>Zone côtière (avant-plage)</i>	47
a)	Diversité des espèces	47
b)	Abondance des espèces).....	47
5.5	ANALYSES COMPLÉMENTAIRES EN BIOLOGIE	48
5.5.1	<i>Estran</i>	48
a)	María.....	48
b)	Saint-Siméon – Bonaventure.....	48
c)	Newport	49
d)	Cap-d'Espoir	49
5.5.2	<i>Comparaisons des stations de la zone côtière</i>	49
6	SITE DE MARIA	53
6.1	CADRE GÉOGRAPHIQUE	53
6.2	CADRE GÉOLOGIQUE	54
6.2.1	<i>Le substratum rocheux</i>	54
6.2.2	<i>Les sédiments de régression</i>	55
6.2.3	<i>Les sédiments transgressifs</i>	57
6.3	CADRE HYDRODYNAMIQUE	57
6.3.1	<i>Les marées</i>	57
6.3.2	<i>Les houles</i>	57
6.3.3	<i>L'apport hydrique</i>	57
6.4	LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL	58

6.4.1	<i>L'arrière-plage</i>	58
6.4.2	<i>L'estran</i>	58
6.4.3	<i>Évolution globale du système côtier</i>	59
6.4.4	<i>Évolution zone par zone du système côtier</i>	60
6.4.4.1	Zone A.....	61
6.4.4.2	Zone B.....	61
6.4.4.3	Zone C.....	61
6.4.4.4	Zone D.....	62
6.4.4.5	Zone E (profil 9).....	62
6.4.4.6	Zone F.....	62
6.4.4.7	Zone G (Profil 17).....	63
6.4.4.8	Zone H.....	63
6.4.4.9	Zone I.....	63
6.4.4.10	Zone J.....	63
6.4.4.11	Zone K.....	64
6.4.4.12	Synthèse de l'analyse des profils.....	64
6.4.5	<i>Bilan sédimentaire zone par zone</i>	64
6.4.6	<i>L'avant-plage</i>	65
6.4.6.1	Bathymétrie du site.....	65
6.4.6.2	Sédiments de surface.....	65
6.4.6.3	Surface du substratum rocheux.....	65
6.5	ÉVOLUTION DE L'ENVIRONNEMENT CÔTIER.....	65
6.6	EFFET DES OUVRAGES DE PROTECTION.....	66
7	SITE DE SAINT-SIMÉON – BONAVENTURE	69
7.1	CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	69
7.2	CADRE GÉOLOGIQUE.....	70
7.2.1	<i>Le substratum rocheux</i>	70
7.2.2	<i>Les sédiments de régression</i>	71
7.2.3	<i>Les sédiments transgressifs</i>	72
7.3	CADRE HYDRODYNAMIQUE.....	73
7.3.1	<i>Les marées</i>	73
7.3.2	<i>Les houles</i>	73
7.3.3	<i>L'apport hydrique</i>	73
7.4	LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL.....	74
7.4.1	<i>L'arrière-plage</i>	74
7.4.2	<i>La plage</i>	75
7.4.3	<i>Évolution globale du système côtier</i>	75
7.4.4	<i>Évolution zone par zone du système côtier</i>	76
7.4.4.1	Zone A.....	77
7.4.4.2	Zone B.....	77
7.4.4.3	Zone C.....	77
7.4.4.4	Zone D.....	78
7.4.4.5	Zone E.....	78
7.4.4.6	Zone F.....	78
7.4.4.7	Zone G.....	78
7.4.4.8	Zone H.....	79

7.4.4.9	Zone I.....	79
7.4.4.10	Zone J	79
7.4.4.11	Synthèse de l'analyse des profils.....	79
7.4.5	<i>Bilan sédimentaire zone par zone</i>	79
7.4.6	<i>L'avant-plage</i>	80
7.4.6.1	Bathymétrie du site.....	80
7.4.6.2	Sédiments de surface	80
7.4.6.3	Toit du substratum rocheux	81
7.5	ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER.....	81
7.6	EFFET DES OUVRAGES DE PROTECTION	81
8	SITE DE NEWPORT.....	87
8.1	CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	87
8.2	CADRE GÉOLOGIQUE	88
8.2.1	<i>Le substratum rocheux</i>	88
8.2.2	<i>La couverture sédimentaire</i>	88
8.3	CADRE HYDRODYNAMIQUE	89
8.3.1	<i>Les marées</i>	89
8.3.2	<i>Les houles</i>	89
8.3.3	<i>L'apport hydrique</i>	89
8.4	LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL	90
8.4.1	<i>L'arrière-plage</i>	90
8.4.2	<i>La plage</i>	90
8.4.3	<i>Évolution globale du système côtier</i>	90
8.4.3.1	Profil 51	90
8.4.3.2	Profil 52.....	91
8.4.3.3	Profil 53.....	91
8.4.4	<i>Bilans sédimentaire global</i>	91
8.4.5	<i>L'avant-plage</i>	92
8.4.5.1	Bathymétrie	92
8.4.5.2	Sédiments de surface	92
8.4.5.3	Épaisseur des sédiments	92
8.4.5.4	Toit du substratum rocheux.....	92
8.5	ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER.....	93
9	SITE DE CAP-D'ESPOIR.....	99
9.1	CADRE GÉOGRAPHIQUE	99
9.2	CADRE GÉOLOGIQUE	100
9.2.1	<i>Le substratum rocheux</i>	100
9.2.2	<i>Les sédiments de régression</i>	101
9.2.3	<i>Les sédiments transgressifs</i>	101
9.3	CADRE HYDRODYNAMIQUE	101
9.3.1	<i>Les marées</i>	101
9.3.2	<i>Les houles</i>	102
9.3.3	<i>L'apport hydrique</i>	103
9.4	LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL	103
9.4.1	<i>L'arrière-plage</i>	103

9.4.2	<i>La plage</i>	103
9.4.3	<i>Évolution globale du système côtier</i>	103
9.4.3.1	Chaînage 0 m.....	104
9.4.3.2	Chaînage 500 m.....	104
9.4.3.3	Chaînage 1000 m.....	104
9.4.3.4	Chaînage 1500 m.....	104
9.4.3.5	Chaînage 2000 m.....	104
9.4.3.6	Chaînage 2500 m.....	104
9.4.3.7	Chaînage 3000 m.....	105
9.4.4	<i>Bilan sédimentaire</i>	105
9.4.5	<i>L'avant-plage</i>	105
9.4.5.1	Bathymétrie du site.....	105
9.4.5.2	Sédiments de surface.....	105
9.4.5.3	Toit du substratum rocheux.....	105
9.5	ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER.....	106
10	CONCLUSION	115
11	RÉFÉRENCES	120

ANNEXE 1 Localisation et échantillonnage biologique des stations

ANNEXE 2 Abondance relative des espèces échantillonnées dans la baie des Chaleurs

ANNEXE 3 Évaluation des risques géotechniques

ANNEXE 4 Lexique

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1.1 : Localisation des sites d'étude</i>	<i>2</i>
<i>Figure 2.1 : Profil typique de plage en milieu sableux</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2.2 : Profil de plage le long d'une côte bordée par une colline fluvio-glaciaire</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2.3 : Profil de plage en l'absence d'un système dunaire ou d'une colline.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2.4 : Les différentes séquences sédimentaires</i>	<i>11</i>
<i>Figure 2.5 : Exemple de vallée dont le profil d'écoulement reste constant</i>	<i>11</i>
<i>Figure 2.6 : Exemple de nouvelle vallée régressive.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 2.7 : Exemple de cône sédimentaire se construisant en dessous de la limite d'action des houles dans un contexte de haute énergie</i>	<i>12</i>
<i>Figure 2.8 : Exemple de surface d'abrasion dans un contexte de haute énergie.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 2.9 : Remontée de gaz à travers des sédiments prodeltaïques profonds</i>	<i>13</i>
<i>Figure 2.10 : Remontée de gaz à travers les sédiments deltaïques de la rivière Cascapédia ..</i>	<i>14</i>
<i>Figure 2.11 : Pelouse de Zostères à Maria</i>	<i>14</i>
<i>Figure 2.12 : Champ de laminaires à Maria</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2.13: Champ de laminaires se développant sur différents faciès à Saint-Siméon.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2.14 : Vallées comblées dans une zones de haute énergie à Newport</i>	<i>16</i>
<i>Figure 3.1 : Série du 16 octobre 18:00</i>	<i>21</i>
<i>Figure 3.2 : Série du 17 octobre 03:00</i>	<i>21</i>
<i>Figure 3.3 : Série du 17 octobre 06:00</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3.4 : Série du 17 octobre 09:00</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3.5 : Série du 17 octobre 12:00</i>	<i>23</i>
<i>Figure 3.6 : Évolutions des paramètres hydrodynamiques durant le début de la tempête</i>	<i>23</i>

<i>Figure 3.7 : Évolution du niveau du plan d'eau au cours de la période d'enregistrement</i>	24
<i>Figure 3.8 : Évolution de la hauteur du plan d'eau durant le début de tempête</i>	24
<i>Figure 4.1 : Comparaison de deux profils de terrain (mai 2002 et mai 2003) et d'un profil Lidar (mai 2003)</i>	29
<i>Figure 5. 1 : Localisation des prélèvements biologiques à Maria</i>	33
<i>Figure 5.2 : Localisation des prélèvements biologiques à Saint-Siméon – Bonaventure</i>	37
<i>Figure 5.3 : Prélèvements biologiques à Newport</i>	43
<i>Figure 5.4 : Prélèvements biologiques Cap-d'Espoir</i>	46
<i>Figure 5.5 : Analyse hiérarchique effectuée à partir de l'indice de Bray-Curtis</i>	50
<i>Figure 5.6 : Positionnement multidimensionnel des stations échantillonnées dans la baie des Chaleurs</i>	50
<i>Figure 6.1 : Position des stations le long du site de Maria</i>	53
<i>Figure 6.2 : Différents types de plage le long du littoral de Maria</i>	54
<i>Figure 6.3 : Évolution du profil de plage 20 à Maria entre juin 2001 et mai 2003</i>	60
<i>Figure 6.4 : Carte de la surface du substratum rocheux</i>	66
<i>Figure 6.5 : Carte bathymétrique de la baie de Cascapédia</i>	67
<i>Figure 6.6 : Répartition des sédiments de surface</i>	68
<i>Figure 7.1 : Situation géographique du site de Saint-Siméon – Bonaventure</i>	69
<i>Figure 7.2 : Localisation des têtes de profils du site de Saint-Siméon – Bonaventure</i>	69
<i>Figure 7.3 : Couche de surface recouverte de zostères</i>	82
<i>Figure 7.4 : Vallée sous-marine comblée par des sédiments transgressifs</i>	82
<i>Figure 7.5 : Profils dirigés du large à la côte</i>	83
<i>Figure 7.6 : Laminaires se développant sur un substrat de galets</i>	83

<i>Figure 7.7 : Carte bathymétrique du site Saint-Siméon – Bonaventure</i>	<i>84</i>
<i>Figure 7.8 : Distribution des sédiments de surface sur le site de Saint-Siméon – Bonaventure</i>	<i>85</i>
<i>Figure 7.9 : Profondeur du toit du substratum rocheux à Saint-Siméon - Bonaventure</i>	<i>86</i>
<i>Figure 7.10 : Profil topographique type du site Saint-Siméon - Bonaventure.....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 8.1 : Situation géographique de Newport.....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 8.2 : Localisation des têtes de profils à Newport</i>	<i>87</i>
<i>Figure 8.3 : Variation du profil central en 2001.....</i>	<i>91</i>
<i>Figure 8.4 : Carte bathymétrique du site de Newport.....</i>	<i>94</i>
<i>Figure 8.5 : Carte de répartition des sédiments de surface sur le site de Newport.....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 8.6 : Exemple d’enregistrement du substratum rocheux de l’ouest de l’anse à Blondel</i>	<i>96</i>
<i>Figure 8.7 : Carte d’iso épaisseur des sédiments de surface.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 8.8 : Exemple d’un profil à travers la petite vallée prolongeant l’anse à Blondel le long du littoral de l’anse à Newport.....</i>	<i>98</i>
<i>Figure 9.1 : Localisation du site de Cap-d’Espoir.....</i>	<i>99</i>
<i>Figure 9.2 : Localisation des têtes des profils au site de Cap-d’Espoir</i>	<i>100</i>
<i>Figure 9.3 : Les dépôts sédimentaires profonds.....</i>	<i>106</i>
<i>Figure 9.4 : Exemple de faille affectant le substratum rocheux.....</i>	<i>107</i>
<i>Figure 9.5 : Exemple d’érosion du substratum rocheux le long d’un profil bathymétrique perpendiculaire au rivage</i>	<i>107</i>
<i>Figure 9.6 : Vue des falaises de Cap-d’Espoir</i>	<i>108</i>
<i>Figure 9.7 : Talus fluvio-glaciaire surmontant la formation Permo-Carbonifère.....</i>	<i>108</i>
<i>Figure 9.8 : Exemple de plage en pied de falaise</i>	<i>109</i>

<i>Figure 9.9 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d’Espoir : Profil du chaînage 1000 ou chaînage 1</i>	<i>109</i>
<i>Figure 9.10 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d’Espoir : Profil du chaînage 2000 ou chaînage 4</i>	<i>110</i>
<i>Figure 9.11 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d’Espoir : Profil du chaînage 3000 ou chaînage 6</i>	<i>110</i>
<i>Figure 9.12 : Profil de plage incluant le talus au sud de l’Anse-à-Beaufils.....</i>	<i>111</i>
<i>Figure 9.13 : Profil effectué au centre du talus fluvio-glaciaire de l’anse du Cap, en avant des installations sanitaires.....</i>	<i>111</i>
<i>Figure 9.14 : Carte bathymétrique du site Cap-d’Espoir – Anse-à-Beaufils.....</i>	<i>112</i>
<i>Figure 9.15 : Carte de distribution des sédiments de surface.....</i>	<i>113</i>
<i>Figure 9.16 : Carte de profondeur du toit du substratum rocheux.....</i>	<i>114</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 2.1 : Limites topographiques des haut, moyen et bas estrans</i>	7
<i>Tableau 2.2 : Profondeurs de présence des végétaux</i>	10
<i>Tableau 3.1 : Variation de marnage dans la baie des Chaleurs</i>	17
<i>Tableau 3.2 : Variation des paramètres houlographiques durant la tempête du 17 octobre 2002</i>	18
<i>Tableau 3.3 : Régime des vents à la station de New-Carlisle</i>	19
<i>Tableau 4.1 : Ports de références</i>	25
<i>Tableau 4.2 : Paramètres LIDAR et terrain pour les sites de Saint-Siméon - Bonaventure</i>	28
<i>Tableau 4.3 : Angles de pente calculés à partir des données LIDAR et terrain</i>	30
<i>Tableau 4.4 : Classification granulométrique adaptée de Wentworth</i>	30
<i>Tableau 5.1 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans la zone intertidale de Maria</i>	35
<i>Tableau 5.2 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans la zone côtière, à Maria</i>	36
<i>Tableau 5.3 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés aux profils de plages de Saint-Siméon – Bonaventure</i>	39
<i>Tableau 5.4 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans le marais de Saint-Siméon</i>	40
<i>Tableau 5.5 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans l’herbier de zostères du marais de Saint-Siméon</i>	41
<i>Tableau 5.6 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Saint-Siméon – Bonaventure</i>	42

<i>Tableau 5.7 : Abondance relative des organismes échantillonnés sur les profils de plage de Newport</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 5.8 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Newport</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 5.9 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Cap- d'Espoir</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 6.1 : Données stratigraphique terrestre de Maria</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 6.2 : Les différents sites constituant la plage de Maria</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 6.3 : Bilan sédimentaire zone par zone</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 7.1 : Données stratigraphique terrestre de Bonaventure</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 7.2 : Bilan sédimentaire du site de Saint-Siméon et Bonaventure</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 7.3 : Les différents sites constituant la plage de Saint-Siméon - Bonaventure</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 7.4 : Bilan sédimentaire zone par zone</i>	<i>80</i>
<i>Tableau 8.1 : Fetchs effectifs sur le site de Newport</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 9.1 : Variation de marnage dans la baie des Chaleurs.....</i>	<i>102</i>
<i>Tableau 9.2 : Origine des houles agissant sue le site de Cap-d'Espoir.....</i>	<i>102</i>

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE HISTORIQUE

Les côtes de la baie des Chaleurs subissent une évolution constante sous l'effet du réajustement permanent du littoral aux conditions hydrodynamiques et géologiques depuis la fin de la glaciation. Ce réajustement se traduit par une érosion des anciens dépôts mis en place dans un contexte hydrodynamique différent de celui qui prévaut actuellement et d'une construction de nouveaux corps sédimentaires en équilibre avec le milieu hydrodynamique actuel.

À moyen terme, depuis le début de la colonisation, l'établissement humain s'est développé le long du littoral en empruntant la mer comme voie de transport, par la suite les réseaux routiers et ferroviaires ont permis de relier les communautés. Depuis le début des aménagements routiers au XIX siècle, les infrastructures routières qui longent la côte gaspésienne, comme l'ensemble des infrastructures humaines installées le long du littoral, sont constamment menacées par l'érosion marine. Déjà au cours des années 1950 et 1960 la route 132 a dû être confortée et même en plusieurs endroits reconstruite car l'ancienne route avait été endommagée, voire même emportée lors d'épisodes de tempête. Depuis la reconstruction de la route ces phénomènes perdurent et il devient urgent d'entreprendre des opérations importantes de confortement pour contrer les problèmes catastrophiques liés à l'érosion littorale. En de nombreux points, la route a été construite le long du littoral, sur le front d'érosion du delta fluvio-glaciaire, le cordon dunaire ou sur la haute plage. Or, ces types d'environnements sont sujets à une érosion intensive qui est due au réajustement naturel du littoral et à une augmentation de la récurrence des tempêtes qui bouleversent considérablement les conditions hydrodynamiques du secteur. Ceci a pour conséquence un accroissement du transport sédimentaire vers le large ou le long du littoral, une érosion des plages et des pieds de falaises. L'ensemble de ces facteurs provoque une détérioration considérable du littoral et des installations (routes, bâtiments, escaliers, etc.) situées à proximité.

1.2 OBJECTIFS

Le projet d'étude vise à réaliser une acquisition de connaissances des milieux morphologiques, sédimentologiques, géologiques, hydrodynamiques et biologiques et à établir un bilan sédimentaire de quatre sites le long de la baie des Chaleurs qui sont les plus représentatifs de ce littoral : soit ceux de Maria, Saint-Siméon – Bonaventure, Newport et Cap-d'Espoir. Cette étude doit établir les critères d'évolution des sites et leurs vulnérabilités environnementales à tous travaux reliés au confortement des infrastructures de la route 132 qui existent le long du littoral.

Le travail doit considérer tant le littoral (plage et arrière-plage) que l'avant-côte afin de déterminer l'environnement littoral dans son ensemble.

1.3 LE PROJET DE RECHERCHE

L'INRS- ETE a été mandaté par le ministère des Transports du Québec (MTQ) pour réaliser une étude visant à suivre l'évolution des phénomènes d'érosion et de sédimentation de quatre sites en Gaspésie sur une période de trois ans.

Le choix des sites à l'étude a été effectué d'une part, sur la base de certains suivis (évolution des falaises, relevés d'arpentage et observations *in situ*, etc.) effectués durant les 10 dernières années, et d'autre part, pour répondre aux préoccupations des différents ministères concernés sur les effets des ouvrages construits et à construire (empierrements) sur le milieu naturel (biologique et sédimentologique) à Maria, Saint-Siméon – Bonaventure, Newport et Cap-d'Espoir. Les quatre sites étudiés se situent dans la baie des Chaleurs (Figure 1.1).

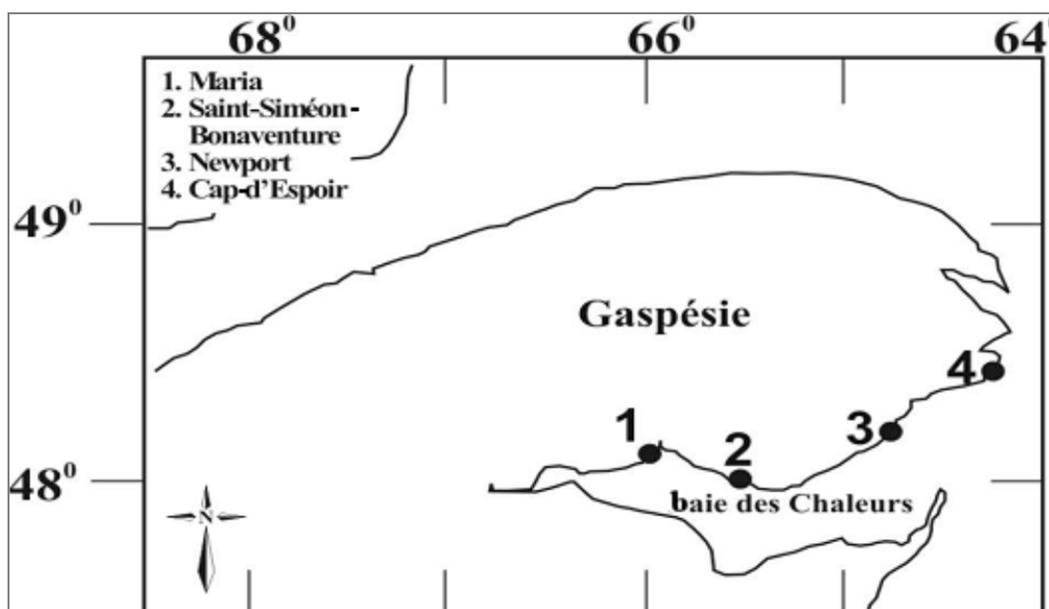


Figure 1.1 : Localisation des sites d'étude

Le littoral est une zone en constante évolution. Différents paramètres seront mesurés pour estimer les changements morpho-sédimentaires dus à des conditions hydrodynamiques variables. Les changements se font à différentes échelles spatio-temporelles. Il est donc nécessaire de pouvoir les suivre à court, moyen et long terme.

1.3.1 Connaissance du milieu morphologique

Le but de l'étude est de comprendre l'évolution à long, moyen et court terme. Il est nécessaire de connaître les variations morphologiques pour prédire les changements qui seront apportés au littoral. Afin d'atteindre ce but, un suivi de l'évolution littorale est entrepris (évolution topographique de la plage). Pour chacun des sites, l'évolution sera suivie durant toute la durée du projet, soit trois ans.

1.3.2 Les connaissances du milieu sédimentaire et géologique

Le but de l'étude est de comprendre l'ensemble du système sédimentaire sur les différents sites, de connaître la qualité et la quantité des sédiments disponibles pour chaque zone. Pour atteindre ce but, il est nécessaire de compiler les informations stratigraphiques, quand elles existent et d'effectuer des relevés marins (sismique réflexion, sonar à balayage latéral et prélèvement d'échantillons en mer et sur terre). Cette série de mesures permet de produire les cartes bathymétriques, de la distribution des sédiments de surface et de l'épaisseur de ces sédiments ou de la topographie du toit du substratum rocheux.

1.3.3 Connaissance du milieu biologique

Les relevés biologiques permettent de décrire les populations benthiques des sites étudiés afin de caractériser les habitats et de déterminer l'évolution de ces populations (perte ou modification de l'habitat) en cas d'aménagements anthropiques (l'impact des ouvrages de protection) ou d'érosion naturelle de la côte.

2 ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE DE LA BAIE DES CHALEURS

L'environnement géologique de la baie des Chaleurs est composé principalement de deux séquences majeures qui représentent deux aires géologiques distinctes soit les roches sédimentaires du Paléozoïque et les sédiments non consolidés de la phase finale du Quaternaire. Ces derniers peuvent se diviser en deux sous-séquences, les sédiments de la phase régressive et ceux de la phase transgressive.

2.1 LE SUBSTRATUM ROCHEUX

Le substratum rocheux de la côte sud de la Gaspésie, le long de la baie des Chaleurs appartient aux roches Paléozoïques de l'orogénèse appalachienne (Williams, 1995; Brisebois et Brun, 1994). En Gaspésie, les formations appalachiennes recouvrent :

- Le Paléozoïque précoce ou inférieur du Cambro-Ordovicien (zones de Humber et de Dunnage) qui affleure principalement le long de la vallée du Saint-Laurent et en quelques places le long de la baie des Chaleurs. Dans cette dernière zone seule, les formations du Humber interne et du Dunnage interne affleurent respectivement dans la baie de Port-Daniel (Boutonnière de Maquereau-Mictawet de Belledune au Nouveau-Brunswick. Ces affleurements sont constitués généralement de roches volcaniques et sédimentaires, plissées et métamorphisées (faciès des schistes verts). Des orthogneiss et des amphibolites forment la bordure du Groupe de Maquereau, les roches sédimentaires sont des mudstones, siltstones, grès, arkoses et conglomérats.
- Le Paléozoïque moyen qui est représenté le long de la baie des Chaleurs par la formation de la ceinture de Gaspé et de la baie des Chaleurs (Ordovicien supérieur-Dévonien). Ces formations sont constituées par les grès de Gaspé qui représentent des dépôts terrigènes (conglomérats, grès et schiste sédimentaires fluviatiles et littoraux) et carbonatés. Ces formations n'affleurent que très rarement le long de la baie des Chaleurs excepté à Gaspé, Port-Daniel, à l'est de New-Richmond et dans la partie interne de la baie des Chaleurs à l'ouest de Carleton (Restigouche-Miguasha).
- Le Paléozoïque tardif ou supérieur (Permo-Carbonifère) affleure le long du littoral, sur la rive québécoise de la baie des Chaleurs en quelques zones. Ces roches sont représentées par les formations de Bonaventure (grès rouges fluviatiles et deltaïques) et de Restigouches. Ces formations sont présentes sur tout le littoral étudié (Maria, Bonaventure, Cap-d'Espoir). Ce sont des roches horizontales formées principalement de clastites grossières de couleur rouge (conglomérats, grès, siltstones et mudstones).

En mer, ces formations ont été érodées soit durant le Paléozoïque soit durant la phase d'émersion du Cénozoïque. Durant cette période, un système de drainage s'est mis en place. Il est constitué de deux réseaux, l'un provenant de la rivière Restigouche et l'autre de la rivière Cascapédia. Ces deux réseaux se rejoignent au sud de Bonaventure, dans la baie des Chaleurs, par des profondeurs de 56 mètres. Le réseau nord reçoit l'ensemble des rivières de la côte nord de la baie des Chaleurs. Sur nos enregistrements, seule une partie de ces réseaux est présente.

2.2 LES DÉPÔTS QUATERNAIRES

Dans la baie des Chaleurs, les dépôts quaternaires reflètent l'évolution des mouvements relatifs du niveau marin au cours de l'Holocène. Les variations de ce niveau marin ont été modélisées dans l'est du Canada par Quinlan et Beaumont (1992). Ces auteurs ont montré que le golfe du Saint-Laurent présente tous les stades possibles de mouvements eustatiques. En effet, la partie est de l'île-du-Prince-Édouard n'a subi que la remontée marine Holocène alors qu'à l'inverse la région de Rimouski a subi un rebond continu sur plus de 140 m. La baie des Chaleurs constitue un stade intermédiaire qui peut se comparer avec la partie ouest de l'île-du-Prince-Édouard. Cette dernière station met en évidence qu'entre 12 ka BP et 8 ka BP, le rebond eustatique qui fit suite à la période d'englacement, a provoqué une baisse relative du niveau marin entre +15 m et -20 m. Depuis 8 ka BP le niveau marin relatif est remonté pour atteindre son niveau actuel. Il est principalement monté jusqu'à 4 ka BP de -20 m à -2 m pour se stabiliser (2 mètres en 4000 ans).

La limite de l'invasion marine date de 13,2 Ka et ce niveau est situé à +100 m dans la partie interne de la baie, à +67 m, à 12,4 ka, dans la partie proximale de la baie (Rampton et al., 1984) et à +46 m au milieu de la baie en arrière de Bonaventure (Gray, 1987). Au nord-est du Nouveau-Brunswick le niveau maximal atteint par la mer est situé à +60 m (13,5 ka BP) pour descendre à -18 m (8,5 ka BP) et remonter à -4 m (4 ka BP) et enfin atteindre le niveau actuel (Thomas et al., 1973). Il semble que le modèle soit proche de la réalité car, si selon Syvitski et Praeg (1989), d'après des levés sismiques effectués à l'entrée de la baie des Chaleurs, ces fluctuations sont de l'ordre de 80 m, cette remontée marine devrait être plus faible. Les travaux récents de Forbes et al. (2004) infirment ces résultats et proposent une remontée de l'ordre de 15 m sur la côte sud de la baie des Chaleurs. Cette dernière valeur confirme les résultats obtenus dans le cadre de ce travail. Les conséquences de ces fluctuations du niveau marin ont été de déposer différents types de sédiments et de modifier en zone littorale l'agencement de ces différents faciès sédimentaires. Les faciès sédimentaires retrouvés sont constitués de sédiment périglaciaires de fusion (Faciès A, figure 2.1), les sédiments de faciès régressifs et les sédiments de faciès transgressifs. Les séries périglaciaires de fusion forment des cônes sédimentaires dans la partie sommitale des dépôts, ils sont repris par l'érosion et sont à l'origine des dépôts fluviaux deltaïques (Figures 2.1, 2.2 et 2.3).

2.2.1 Les sédiments de régression

Ces faciès sédimentaires correspondent à la phase de remontée glacio-eustatique qui s'est produite dès la fonte de la calotte glaciaire gaspésienne. Au large, ils représentent les parties distales des cônes deltaïques et forment des faciès drapant de sédiments fins qui proviennent de la décantation des panaches turbides de printemps (Faciès B, figure 2.1). Ils sont homologues des dépôts de Goldthwait retrouvés le long de l'estuaire du Saint-Laurent. Au fur et à mesure de la baisse du niveau marin, les sédiments font place aux sédiments prodeltaïques et deltaïques plus grossiers, comme ceux qui alimentent le barachois de Paspébiac (Renault, 2001). Ces dépôts sont érodés partiellement par l'action fluviale durant le bas niveau marin.

2.2.2 Les sédiments transgressifs

Ces faciès de dépôts ont été mis en place alors que le rebond glacio-eustatique était terminé et que la transgression marine holocène continuait. Dans un premier temps les vallées fluviales sont remplies (Faciès C, figure 2.1 et figure 2.2), puis lors de la submersion des cônes deltaïques et de la plaine fluviale, les dépôts de surface sont érodés par l'action des houles et seuls restent en place les sédiments grossiers (Faciès D, figure 2.1). Il se constitue alors un faciès grossier de surface qui affleure en mer entre l'isobathe des -15 m et le littoral. Ce faciès sédimentaire constitue un faciès très difficilement remobilisable et contribue très peu à la dynamique sédimentaire littorale actuelle. Dans les zones de haute énergie (Cap-d'Espoir), l'avant-côte représente une surface d'abrasion (figure 2.5) et en dessous de la limite d'action des houles se développe un cône sédimentaire (figure 2.4) qui s'alimente des sédiments érodés à la côte.

2.3 LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL

Le système côtier actuel est constitué à terre, des dépôts de haut niveau marin et de régression qui sont représentés par des dépôts fluviaux glaciaires comme à l'ouest du site de Maria et au sud-ouest du site de Cap-d'Espoir. Ces sédiments peuvent être partiellement érodés et être à l'origine des cordons des barachois et du littoral de Maria et Bonaventure. En mer, les sédiments grossiers de la surface de transgression forment la majorité des dépôts disponibles. Les différentes unités géomorphologiques littorales sont le reflet des stocks sédimentaires disponibles.

2.3.1 Définition du système côtier

Afin de clarifier la description des profils de plage retrouvés sur le littoral gaspésien, il est utile de définir les différentes unités géomorphologiques qui constitue ce littoral. Les définitions utilisées pour décrire le système côtier sont les définitions adaptées du *Coastal Engineering manuel* publié par USACE (2004). Sur la majorité des plages le profil est typique (figure 2.1), néanmoins pour certaines portions de plage il convient d'utiliser le profil défini en avant d'un talus fluvio-glaciaire (figure 2.2) où celui d'une zone de débordement si la plage n'est pas adossée à une arrière-plage (figure 2.3). De plus, afin de préciser la partie littorale la plus mobile il a été décidé de fractionner l'estran ou zone de balancement des marées en haut, moyen et bas estrans. Le haut estran est défini comme étant la zone qui n'est recouverte pendant les trois dernières heures du montant ou flot d'une marée moyenne, le moyen estran représente la zone qui est recouverte durant la troisième heure du montant et enfin le bas estran, la zone qui est recouverte durant les deux premières heures du montant (tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Limites topographiques des haut, moyen et bas estrans

Les valeurs sont en mètres par rapport au zéro géodésique.

	Maria	Bonaventure	Newport	Cap-d'Espoir
Haut estran	+0,94m et 0,0m	+ 0,77 m et 0,0 m	+ 0,63m et 0,0 m	+0.54 m et 0,0 m
Moyen estran	0,0 m et - 0,57 m	0,0 m et -0.38 m	0,0m et - 0,31m	0,0m et -0,27m
Bas estran	-0,57 et -0,94 m	-0.38m et -0,77m	-0,31m et -0,63m	-0,27m et -0,54m

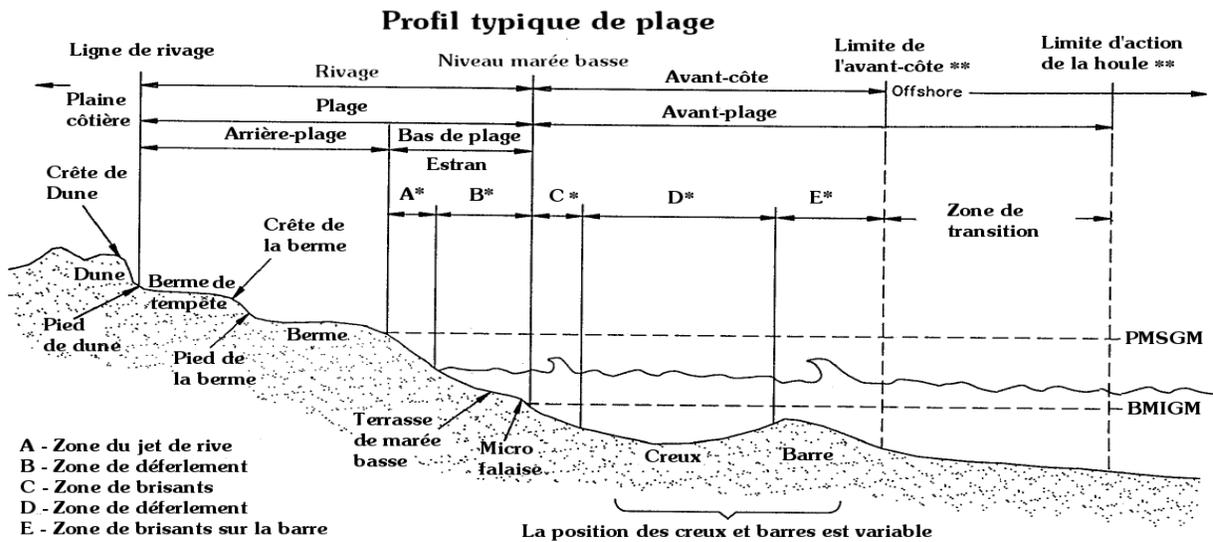


Figure 2.1 : Profil typique de plage en milieu sableux

La largeur des zones A, B, C et D est variable en fonction de la pente de la plage et du marnage. La limite d'action de la houle en profondeur est fonction de la période et de la hauteur de la houle incidente de tempête.

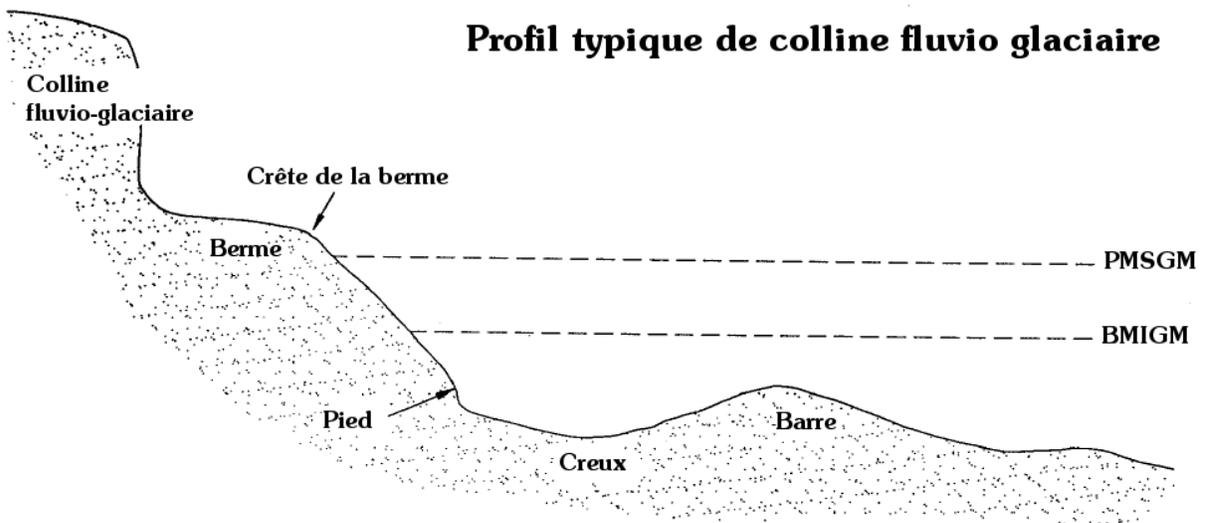


Figure 2.2 : Profil de plage le long d'une côte bordée par une colline fluvio-glaciaire

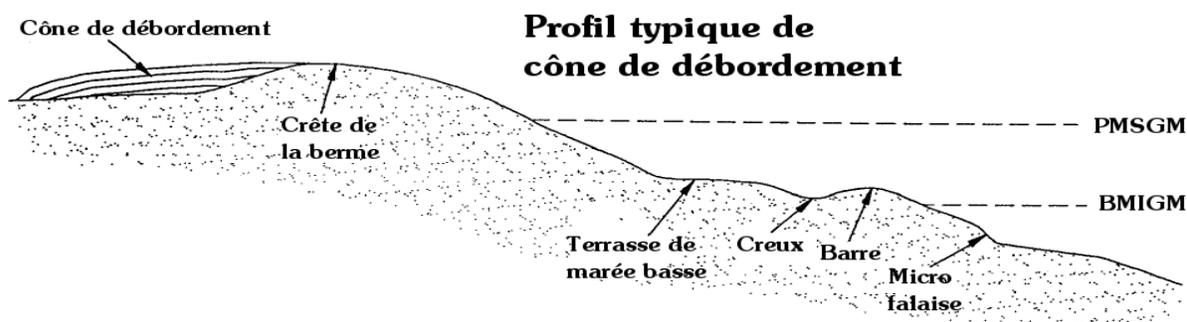


Figure 2.3 : Profil de plage en l'absence d'un système dunaire ou d'une colline

2.3.2 L'arrière-plage

Les faciès sédimentaires peuvent être absents, quand ils existent, ils sont constitués de formations fluvio-glaciaires de sédiments hétérogènes (silts, sable et graviers) ou par des cordons de matériaux grossiers (sables et galets). La proportion de sable reste toujours très faible et aucune plage de sable est présente le long du littoral. De même, aucune dune sableuse importante ne forme l'arrière-plage. Les rivières ne charrient pas de quantité importante de sédiments et les sables fluviaux actuels ne constituent pas une source sédimentaire significative.

2.3.3 La plage

La plage est généralement très étroite et est constituée par un soubassement de galets, surmontée par un mélange sable galets. La couverture sableuse est généralement discontinue et ne dépasse pas quelques centimètres d'épaisseur.

2.3.4 L'avant-plage

L'avant-plage ou plage marine est constituée de sable et galets qui proviennent de l'érosion du littoral et de la couche sédimentaire de remaniement mise en place durant la remontée marine. Cette zone, dans les milieux de faible à moyenne énergie (Maria et Saint-Siméon – Bonaventure) est très souvent colonisée par des pelouses de zostères proche de la côte, dans les sédiments sableux et graveleux (figure 2.11) et de champs de laminaires dans les zones plus profondes, sur les faciès grossiers et sur le toit du substratum rocheux (figures 2.12 et 2.13). Dans ces cas, la zone colonisée ne contribue pas au transport dans le profil, elle constitue une zone de rétention.

La profondeur à laquelle débutent les zostères, fucus et laminaires (tableau 2.2) est fonction du degré d'énergie des houles qui contrôlent les différents secteurs. Ainsi, la partie ouest du site de Maria est plus énergétique que la partie est et inversement pour le site de Saint-Siméon – Bonaventure.

La cartographie du toit du substratum rocheux est importante car la position du toit conditionne le type de substrat sédimentaire situé au-dessus et par là-même l'environnement benthique tant au niveau végétal qu'animal. En effet, en mer, ces formations ont été érodées

soit durant le Paléozoïque soit durant la phase d'émersion du Cénozoïque. En surface s'est conservé un dépôt résiduel grossier (lag) qui résulte de l'érosion directe de la surface du substratum rocheux. Ces dépôts résiduels sont constitués de galets et blocs qui sont favorable à la fixation des algues de type laminaires ou fucus (tableau 2.2) et à l'installation d'une faune benthique de type milieu dur. À l'inverse sur les milieux meubles vont se développer des associations benthiques de type substrats mous. De plus la présence du substratum rocheux en surface indique que cette zone est peu enclin à l'érosion et que son évolution morphologique temporelle sera lente.

Tableau 2.2 : Profondeurs de présence des végétaux

La première valeur correspond à la profondeur moyenne en mètres (par rapport au zéro hydrographique ou zéro des cartes) et la seconde à l'écart-type de la profondeur. Cette position a été déterminée à partir des profils de sismique réflexion. La valeur moyenne représente l'ensemble des valeurs d'apparition ou de disparition en mètres sur chaque zone. La fin des laminaires est plus basse que la limite d'investigation qui était de 15 mètres.

Zone		Zostères Début	Zostères Fin	Fucus Début	Fucus Fin	Laminaires Début
Maria ouest	Moyenne	-	-	0,5	2,2	-
Maria ouest	Écart-type	-	-		0,07	
Maria centre	Moyenne	2,2	5,5	1,3	2,7	7,7
Maria centre	Écart-type	1,6	0,66	0,70	1,39	1,55
Maria est	Moyenne	1,1	1,6	2,3	-	2,6
Maria est	Écart-type	1,35	1,62	0,99	-	-
Saint-Siméon – Bonaventure Ouest	Moyenne	1,0	2,7	2,4	4,4	12,2
Saint-Siméon – Bonaventure Ouest	Écart-type	0,94	1,35	2,02	1,95	4,17
Saint-Siméon – Bonaventure Marais	Moyenne	1,1	4,1	1,9	-	6,6
Saint-Siméon – Bonaventure Marais	Écart-type	0,21	0,35	-	-	0,81
Saint-Siméon – Bonaventure Est	Moyenne	3,3	5,1	1,8	3,4	6,2
Saint-Siméon – Bonaventure Est	Écart-type	1,12	0,72	1,39	0,97	1,24

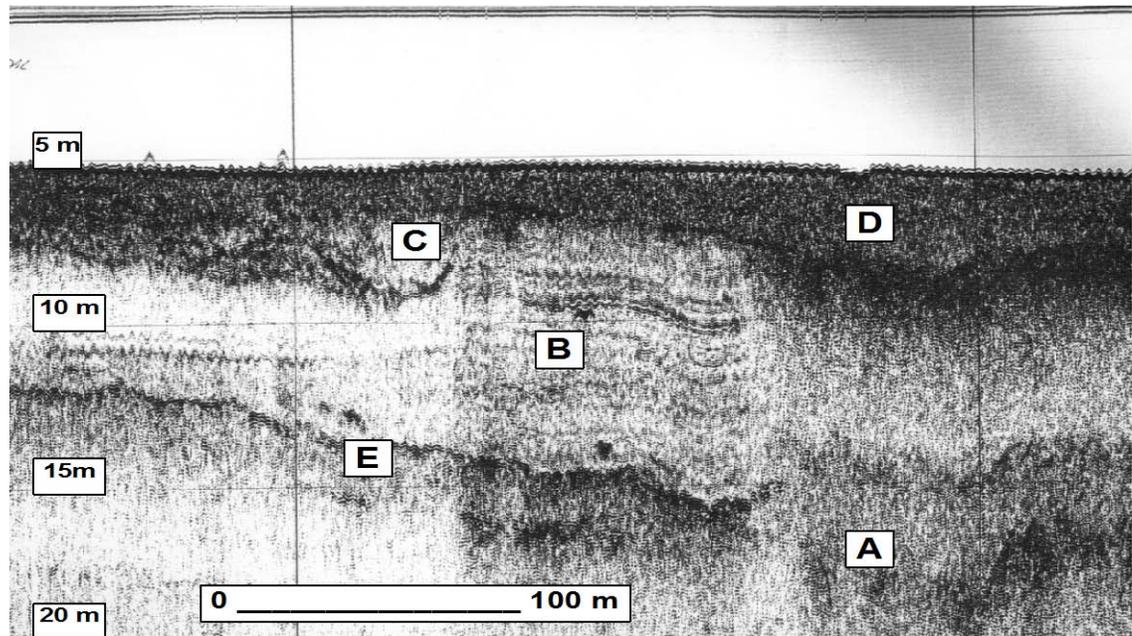


Figure 2.4 : Les différentes séquences sédimentaires

Le profil sismique est parallèle à la côte dans la partie centrale de la baie de Maria. L'échelle verticale est donnée par l'espacement entre deux lignes horizontales (5 m). (A) correspond aux dépôts de fusion, (B) aux dépôts stratifiés de haut niveau marin et de régression, ils peuvent contenir des gaz. (C) correspond aux dépôts de remplissage des vallées durant la remontée marine, (D) aux dépôts en relation avec la surface de transgression et (E) représente le substratum rocheux.

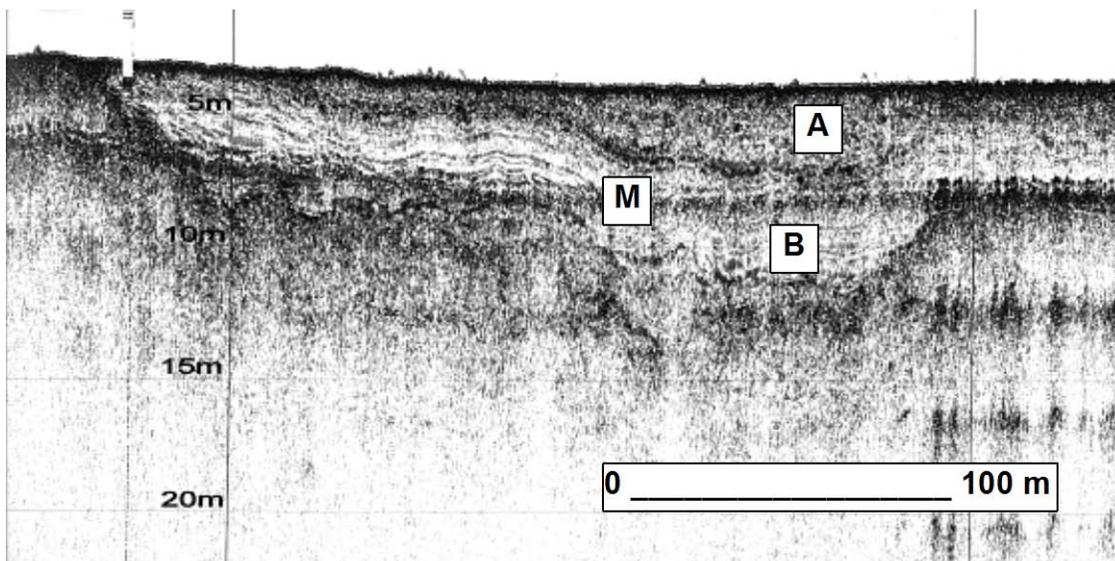


Figure 2.5 : Exemple de vallée dont le profil d'écoulement reste constant

Site de Maria, partie est de la baie sur un profil parallèle à la côte. La vallée régressive de surcreusement (A) coule dans le même axe que la paléo-vallée (B). Le multiple de surface (M) recoupe les sédiments.

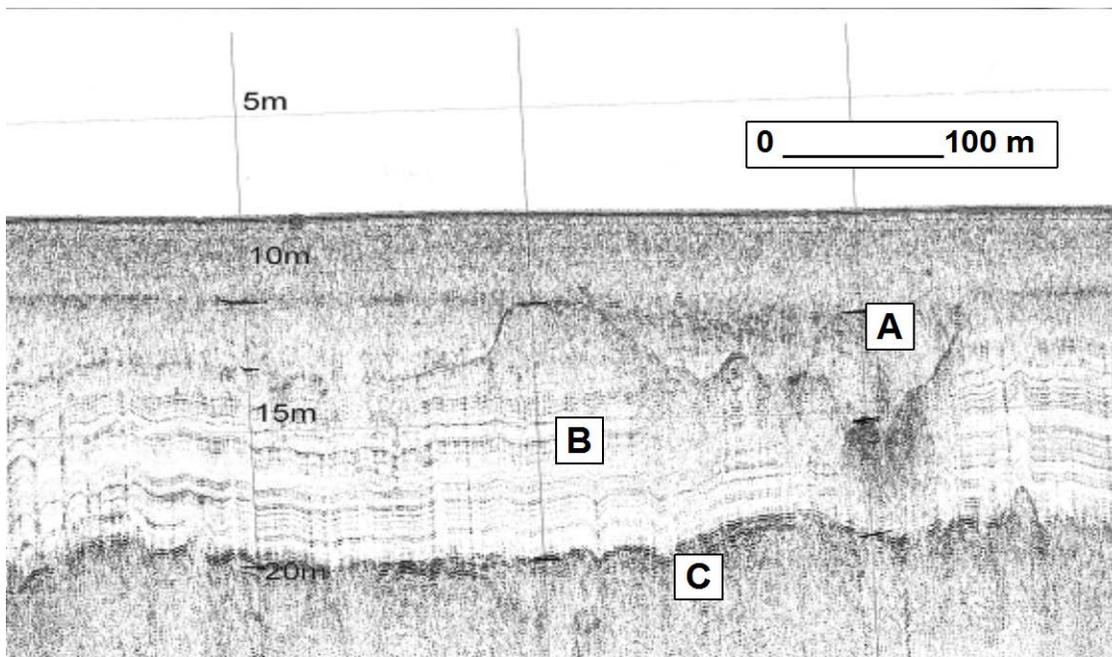


Figure 2.6 : Exemple de nouvelle vallée régressive

Site de Maria, partie ouest de la baie sur un profil parallèle à la côte. La nouvelle vallée (A) incise les séquences de haut niveau (B) sans lien avec une paléo-vallée. Le substratum rocheux (C) est pseudo horizontale.

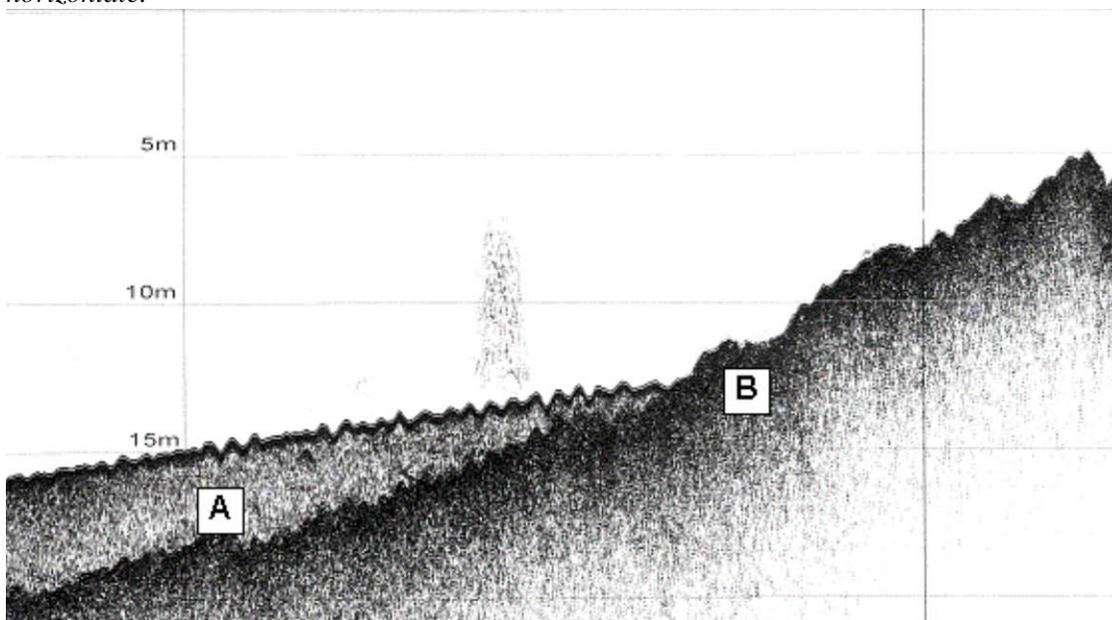


Figure 2.7 : Exemple de cône sédimentaire se construisant en dessous de la limite d'action des houles dans un contexte de haute énergie

La ligne est orientée du large vers la côte et est située au nord est de l'Anse-à-Beaufils sur le site de Cap-d'Espoir. La distance horizontale entre deux lignes verticales est de 240 m. (A) représente le cône sédimentaire et (B) le substratum rocheux dont la surface montre les différents lits de grès à l'érosion.

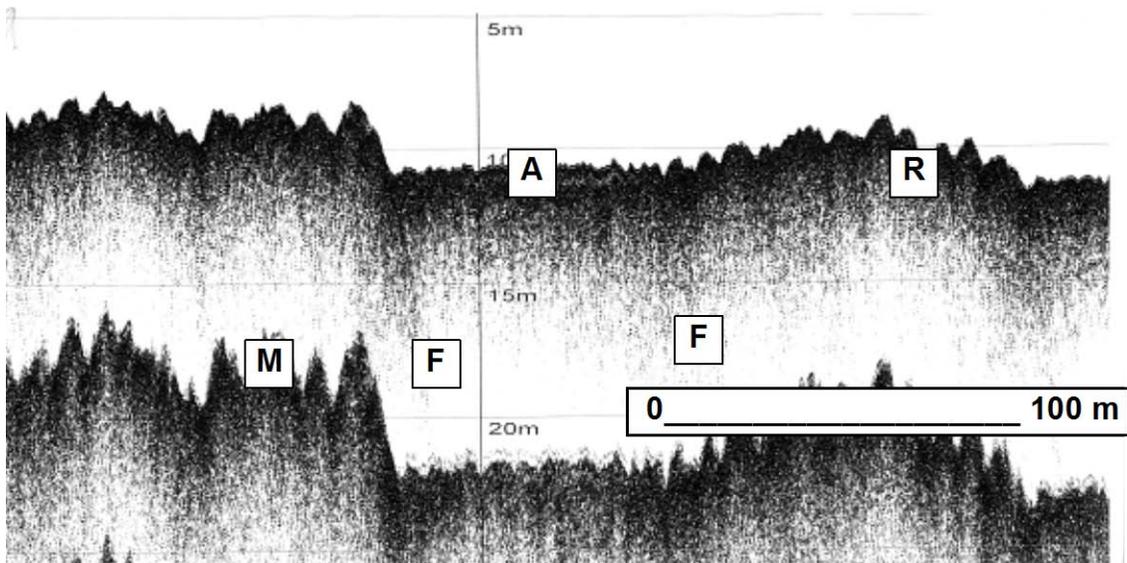


Figure 2.8 : Exemple de surface d'abrasion dans un contexte de haute énergie

Le profil est parallèle à la côte, sur le site de Cap-d'Espoir entre la plage de Cap-d'Espoir et l'Anse-à-Beaufils. Une petite vallée (A), contenant moins d'un mètre d'épaisseur de sédiments est construite entre deux lignes de failles (F). Le substratum rocheux (R) est affleurant. Présence du multiple (M)

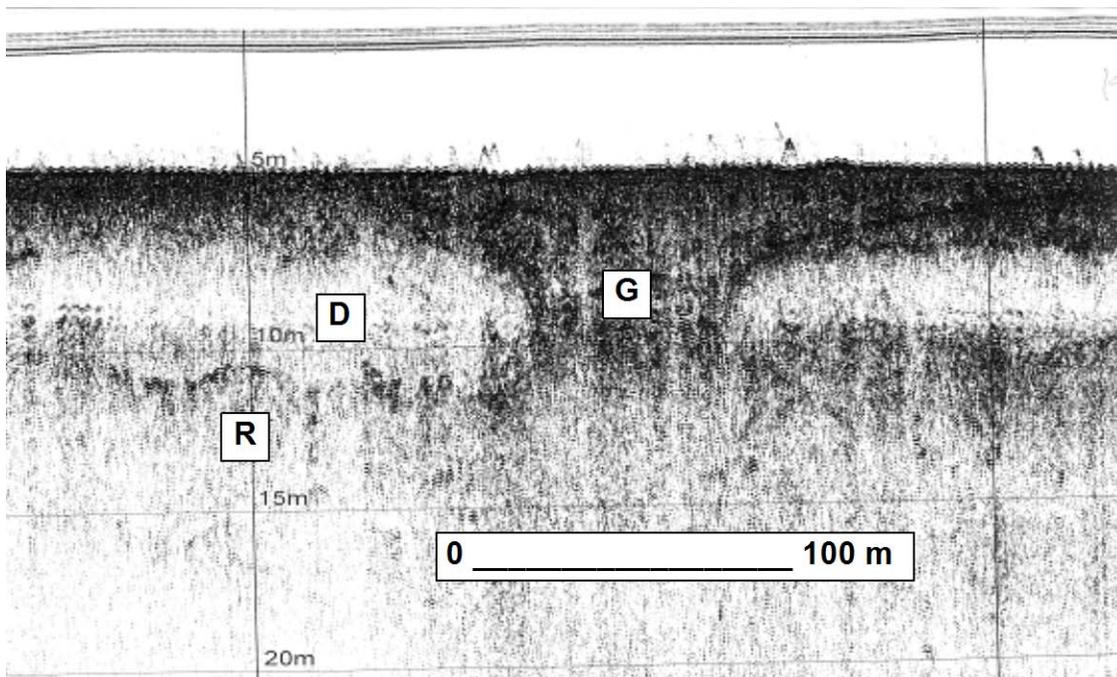


Figure 2.9 : Remontée de gaz à travers des sédiments prodeltaïques profonds

Zone est de Maria sur la partie nord du delta de la Cascapédia. Du gaz (G) remonte à travers les sédiments deltaïques (S) depuis le substratum rocheux (R).

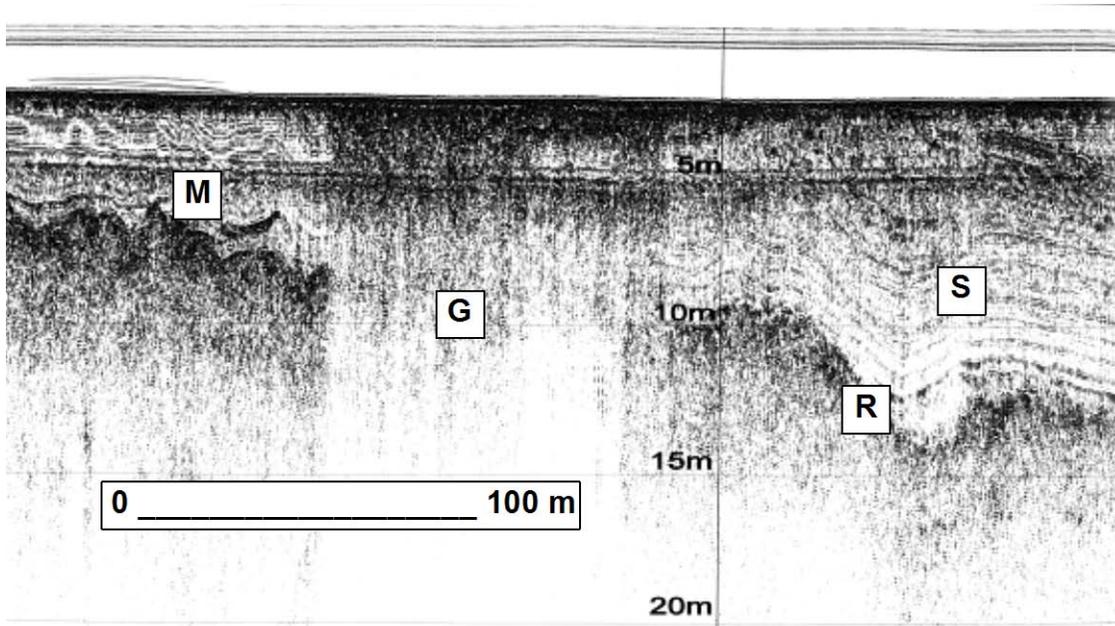


Figure 2.10 : Remontée de gaz à travers les sédiments deltaïques de la rivière Cascapédia

Autre exemple de dépôt deltaïque traversé par une remontée de gaz à travers les sédiments. Profil perpendiculaire à l'estuaire de la Cascapédia, situé à l'est du delta. (M) multiple, (S) sédiments stratifiés, (G) gaz et (R) substratum rocheux..

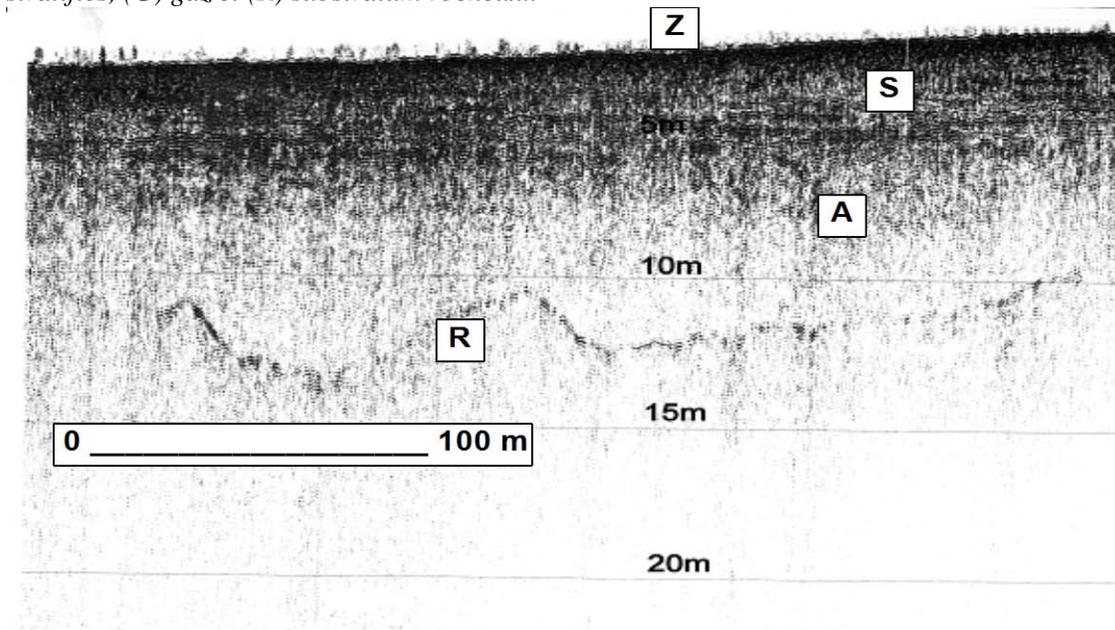


Figure 2.11 : Pelouse de Zostères à Maria

Profil situé à l'ouest de l'embouchure de la Cascapédia depuis le large vers la côte montrant la pelouse de zostère (Z) qui se développe sur des sables (S). Ces derniers recouvrent les dépôts plus anciens (A) et le substratum rocheux (R).

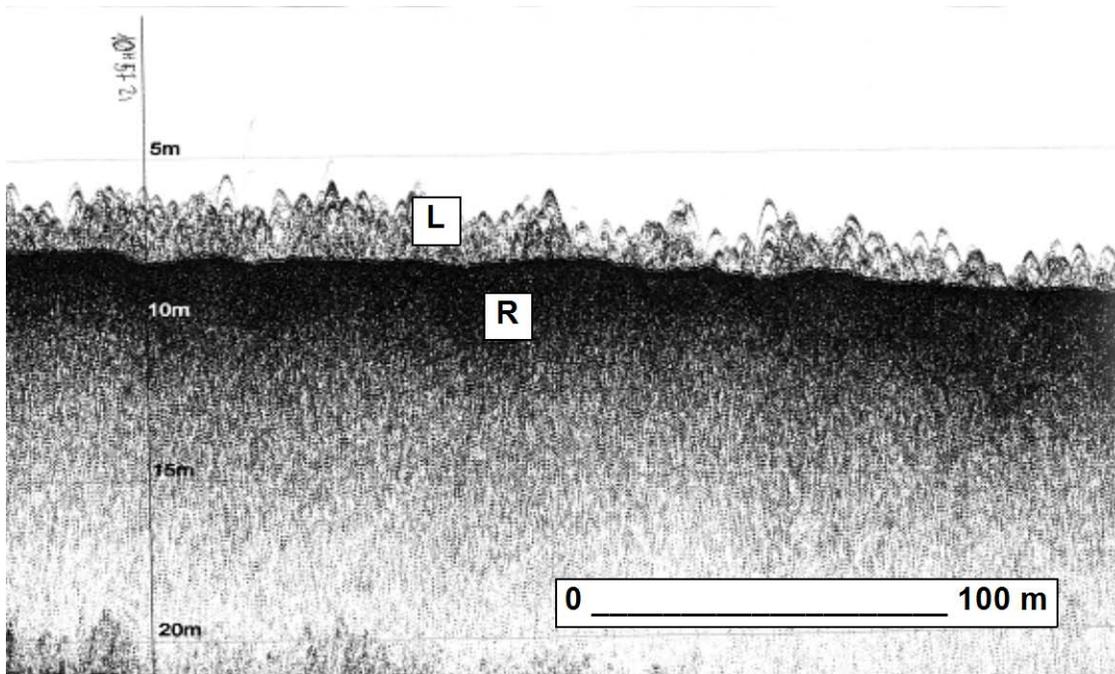


Figure 2.12 : Champ de laminaires à Maria

Le champ de laminaires (L) se développe sur le substratum rocheux (R).

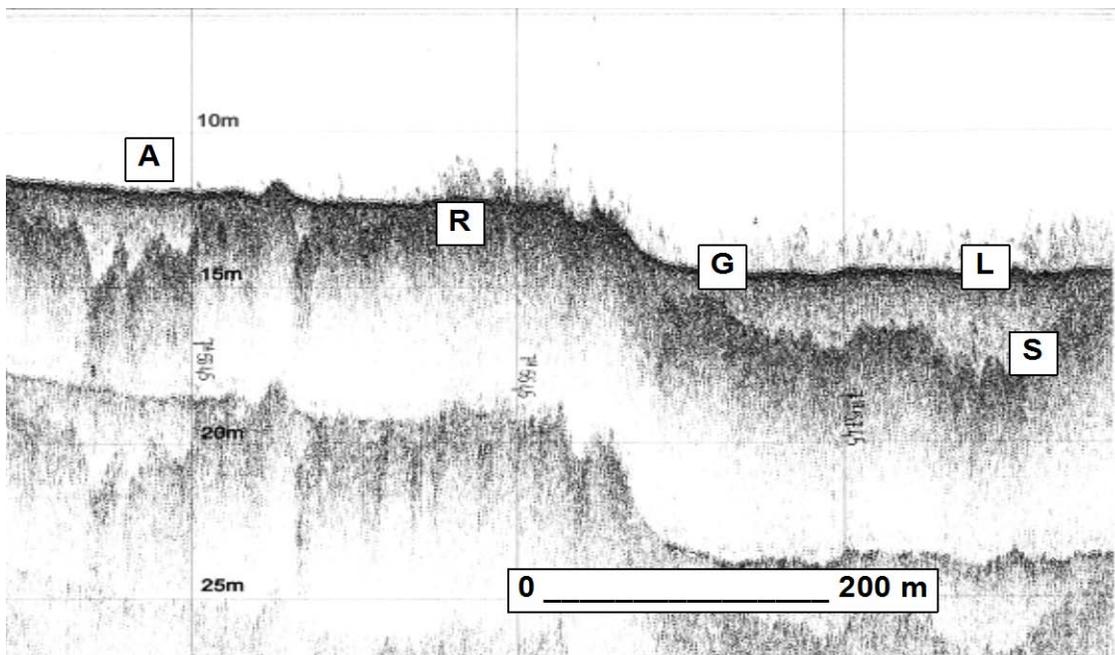


Figure 2.13: Champ de laminaires se développant sur différents faciès à Saint-Siméon

Le profil, situé en avant de Saint-Siméon, est orienté le long de la côte, au large par une profondeur variant de 12 à 15 m. Le champ de laminaires (L) se développe sur le substratum rocheux (R) ou sur un lit de galets (G). Ce lit représente un lag d'érosion par dessus les sédiments (S). Par une profondeur inférieur à 12 m le champ ne se développe plus.

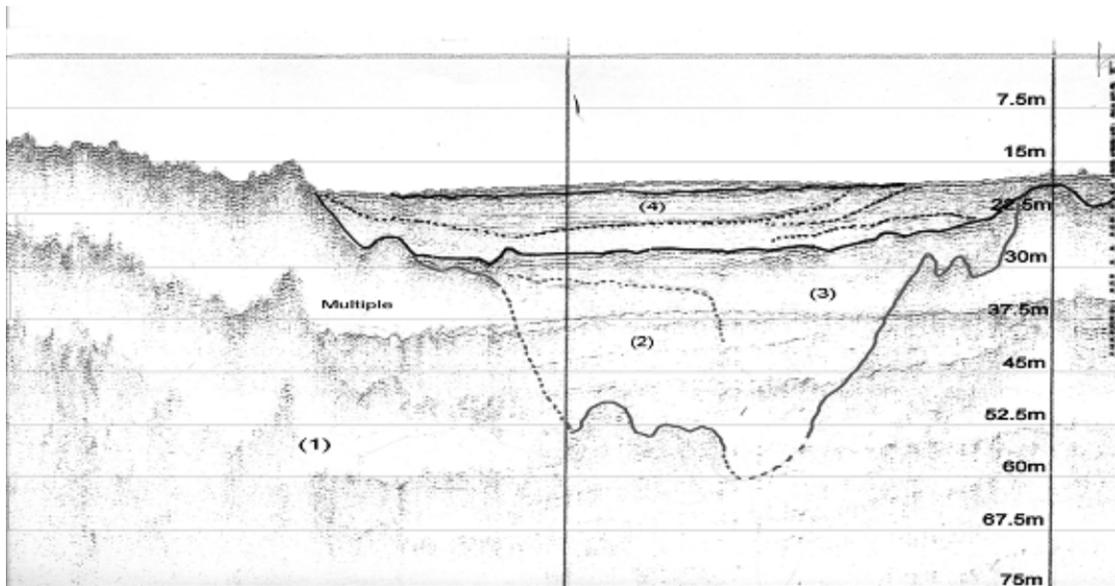


Figure 2.14 : Vallées comblée dans une zones de haute énergie à Newport

Les champs de laminaires et les pelouses de zostères sont absents sur le substratum rocheux (1). La vallée comblée souligne les trois différentes phases de remplissage et les migrations des chenaux (2, 3 et 4).

3 ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

La baie des Chaleurs est le quatrième estuaire en importance de l'est du Canada (Syvitski, 1992). Elle s'étend sur une longueur de 180 km sur une largeur maximale de 38 km pour une superficie totale de 5670 km². L'estuaire est de type partiellement mélangé, influencé par les courants de marée, un apport d'eau douce important et des turbulences induites par les vagues (Schafer, 1977). La profondeur de la baie augmente depuis la partie amont vers la partie externe pour atteindre 135 m (Renaud, 2001). Cette baie est sous l'influence des houles provenant du golfe du Saint-Laurent dans sa partie orientale alors qu'elle devient sous l'influence des houles locales au fur et à mesure que l'on pénètre dans la baie.

3.1 LA MARÉE

Actuellement, aucun marégraphe n'est en opération dans la baie des Chaleurs et les données de marées proviennent des données de Pêche et Océans Canada (Table des marées et courants du Canada 2001, volume 2, Golfe du Saint-Laurent). Le port de référence est celui de Pointe Saint-Pierre, situé à l'extérieur de la baie, proche de Percé.

Dans la baie des Chaleurs la marée s'amplifie en pénétrant dans la baie. Le marnage varie en morte eau de 1,09 m à Cap-d'Espoir (partie orientale de la baie) à 2,22 m à Campbellton et 1,89 m à Carleton alors qu'il atteint en vive eau 1,56 m à Cap-d'Espoir et respectivement 3,21 m et 2,67 m à Campbellton et Carleton.

Tableau 3.1 : Variation de marnage dans la baie des Chaleurs

Port	Marnage en morte eau (m)	Marnage en vive eau (m)
Cap-d'Espoir	1,08	1,56
Port-Daniel	1,26	1,83
Paspébiac	1,53	2,16
Pointe Howatson	1,71	2,43
Carleton	1,89	2,67
Campbellton	2,19	3,21

Dans la baie des Chaleurs les marées sont mixtes, de type demi-diurnes et sont influencées par la position des deux points amphidromiques qui sont situés au sud des îles-de-la-Madeleine (onde semi-diurne) et au large de l'île-du-Sable (onde diurne).

Durant le flot, les courants sont plus intenses sur la rive nord alors que durant le jusant ils sont plus intenses sur la rive sud. Ces deux courants opposés permettent la mise en place d'une gyre cyclonique dans la baie.

L'étude des sédiments et des assemblages microfaunistiques met en évidence que les conditions océanographiques actuelles de la baie des Chaleurs sont restées les mêmes que celles qui prévalaient depuis 5 000 ans (Syvitski, 1992).

Les vitesses des courants générées par la marée sont de l'ordre de 15 à 20 cm/s, soit déjà au-dessus du seuil de transport des sables. Ces courants peuvent atteindre 40 cm/s dans certaines zones et même exceptionnellement 1 m/s au niveau des passes (Renaud, 2002).

L'intensité des vitesses de courant explique les remaniements sédimentaires observés au droit des passes et des entrées des barachois ainsi que la formation de delta de jusant en avant des petits ruisseaux qui se déversent sur la plage de Saint-Siméon ou Bonaventure et Maria.

3.2 LES HOULES

Le régime des houles à l'entrée de la baie des Chaleurs est caractérisé par celui qui contrôle le golfe du Saint-Laurent. La hauteur significative de la houle de tempête est de 2,1 mètres et sa période est de 9 secondes. Durant les tempêtes exceptionnelles, à l'entrée de la baie, les houles extrêmes peuvent atteindre 4,9 m de hauteur significative et 9 secondes de période (Syvitski, 1992). Des mesures ponctuelles effectuées durant ce travail ont permis de mesurer, durant une tempête de l'automne 2002, une hauteur significative de plus de 5 mètres et une période de 10,5 secondes à l'entrée de la baie (Anse-à-Beaufils). Ces houles peuvent pénétrer, après diffraction, dans la baie des Chaleurs au moins jusqu'à Paspébiac. Une étude plus précise devrait être entreprise pour valider cette hypothèse car les houles formées par les vents locaux ne peuvent expliquer les hauteurs observées ponctuellement.

Une autre conséquence des tempêtes est la formation de surcotes. Une étude exhaustive (Forbes et al., 2004) menée sur les variations du niveau marin depuis le début du siècle, met en évidence qu'en moyenne 5 surcotes par an sont observées depuis 1950, 10 surcotes par an ont été observées 14 fois et 15 par an l'ont été 2 fois. Ces surcotes atteignent en moyenne de 0,6 à 0,9 m mais peuvent atteindre exceptionnellement 1,3 m. Aussi, durant trois tempêtes tropicales majeures (janvier 2000 : 951 hPa, octobre 2000 : 979 hPa et novembre 2001 : 958 hPa) qui sont remontées le long des provinces Atlantiques, des surcotes de plus de 1,5 m ont été observées; elles ont atteint 2,0 m en janvier 2000, 1,5 m en octobre 2000 et 2,2 m en novembre 2001 à l'île-du-Prince-Édouard. Ces surcotes étaient accompagnées de houles significatives de 7 mètres et de 13,3 secondes de période en octobre 2000.

Tableau 3.2 : Variation des paramètres houlographiques durant la tempête du 17 octobre 2002

	16 oct 18 :00	17 Oct. 06 :00	17 oct. 09 :00	17oct.12 :00
Hauteur du niveau d'eau	12,50 m	13,20 m	13,35 m	13,68 m
Hauteur significative	0,17 m	2,78 m	3,53 m	5,01 m
Période	3,2 s	7,1 s	8,5 s	9,7 s

Durant ce projet, des mesures de houles ont été réalisées en parallèle en automne 2002 (Octobre). Dès l'installation des appareils une tempête exceptionnelle est venue frappée le littoral de l'Anse-à-Beaufils et a endommagé les deux mouillages dont un a été détruit et le marégraphe fortement endommagé. Néanmoins, ceci a permis de documenter un début de

tempête (Figures 3.1 à 3.7). Durant celle-ci, les houles ont atteint une hauteur significative de 5,01 m et une période de 9,7 secondes alors que dans le même temps une surcote de 120 cm était observée. Cette tempête a été suffisante pour que les houles déferlent sur les quais du port. Durant les tempêtes et les coups de vent, des vagues locales sont générées dans la baie mais leur hauteur significative ne dépasse pas 2 mètres et leur période 6 secondes.

3.3 LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Dans la baie des Chaleurs les vents dominants sont les vents de secteur Ouest-nord-ouest durant 58 % de l'année. Les vents les plus importants qui sont à l'origine des érosions côtières, soufflent des secteurs est et sud-est et ont une fréquence de 14 %. Ces vents ont une intensité suffisante pour générer des vagues de 1,5 mètres de hauteur significative et 3 secondes de période et durant les tempêtes extrêmes des vagues de 2,5 mètres de hauteur significative et 7 secondes de période. Ces vagues sont capables de remanier le fond jusqu'à une profondeur de 5 mètres.

Ces données de vent proviennent de la station de New-Carlisle et ne sont pas totalement représentatives de l'ensemble de la baie des Chaleurs car l'effet de couloir de la baie modifie considérablement les vents à l'intérieur de la baie. Néanmoins, ces données peuvent être utilisées pour décrire les conditions météorologiques qui prévalent sur les différents sites d'étude.

Tableau 3.3 : Régime des vents à la station de New-Carlisle

(d'après Renaud, 2001)

Le secteur depuis lequel le vent souffle correspond à un secteur de 45° d'ouverture qui débute 22,5° avant la valeur centrale et qui se termine 22,5° après la valeur centrale.

Directions (degrés)	Secteurs	Vitesses(km/h)	Pourcentage
337,5 – 22,5	N	9,93	10,6
22,2 – 67,5	NE	10,85	8,09
67,5 – 112,5	E	9,06	8,74
112,5 – 157,5	SE	9,88	5,03
157,5 – 202,5	S	9,94	4,76
202,5 – 247,5	So	9,83	4,11
247,5 – 292,5	O	20,49	36,98
292,5 – 337,7	NO	10,64	21,41

L'action des vents ne se traduit pas uniquement par la formation des vagues mais aussi par la formation de courants par cisaillement de la surface des différentes couches d'eau. La vitesse des courants produit par le vent est estimée à 3 % de la vitesse du vent et peut atteindre 5 % en zone littorale. Ainsi des vents de 10 km/h engendrent des courants de 8 cm/s au large et 13 cm/s sur le littoral. Par conséquent, dès que le vent est supérieur à 15 km/h il crée des courants susceptibles d'entraîner des sédiments sableux. Ce phénomène est à l'origine d'un transport sédimentaire important dans les zones protégées du nord de la baie des Chaleurs comme les baies de Maria ou de Newport.

3.4 LES CONDITIONS HYDRIQUES

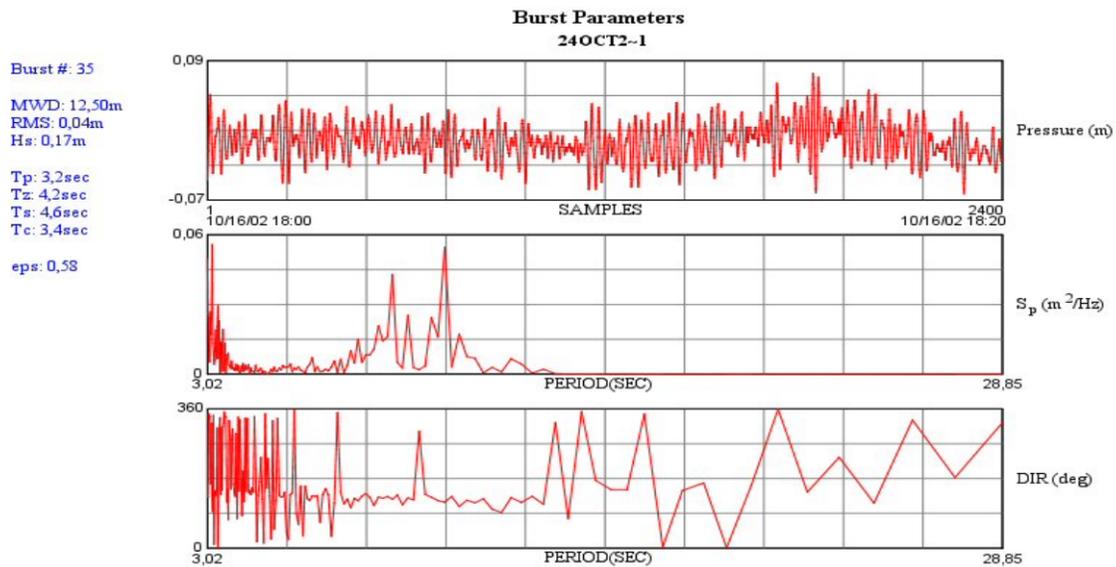
Les données de débit proviennent de l'annuaire hydrologique du Québec. Les sites d'étude sont généralement situés hors de l'influence des cours d'eau exceptées les parties est des sites de Maria et Bonaventure.

Le partie nord-est du site de Maria est influencée par l'embouchure de la rivière Cascapédia. Cette rivière a un débit maximum de crue de 329 m³/s, un maximum journalier de 308 m/s et un débit d'étiage de 6,15 m/s. Son module annuel est de 44,4 m³/s. Le débit de la rivière influence le transport sédimentaire pour une période de 15 jours durant laquelle il contribue à augmenter le débit de jusan. Néanmoins, l'influence de la rivière Cascapédia demeure limitée car les principaux chenaux sont orientés en direction du sud-ouest et n'influencent pas le littoral.

La partie orientale du site de Bonaventure est influencée par la sortie de la rivière Bonaventure. Cette dernière a un débit maximum instantané de 502 m³/s, un débit maximum journalier de 487 m³/s et un débit d'étiage de 6,06 m³/s. Son module est de 59,7 m³/s. Le débit d'automne (376 m³/s) est de même ordre de grandeur que le débit de printemps (487 m³/s). À ce débit s'ajoute le prisme de marée important qui se forme dans le barachois et qui double le volume d'eau qui transite en période de jusan par le chenal externe. Il en résulte la formation au large d'un vaste delta de jusan sableux.

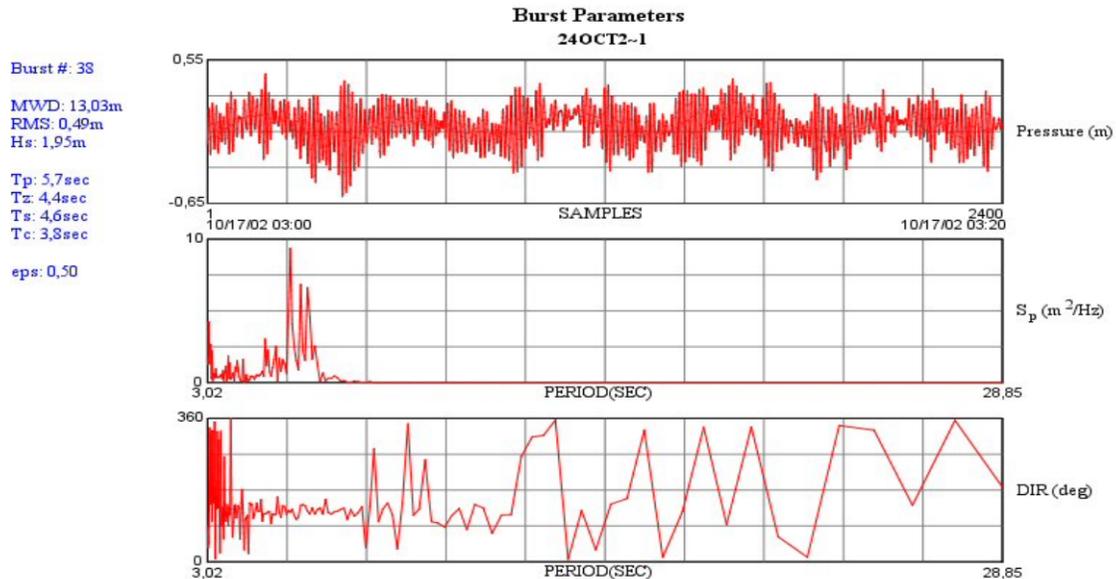
3.5 SYNTHÈSE

Les conditions climatiques et océanographiques de la baie des Chaleurs montrent que des événements extrêmes sont capables de remanier profondément les sédiments côtiers. Même si les sites d'étude sont localisés souvent en zone protégée, il en demeure pas moins que la conjugaison de plusieurs facteurs, surcotes et marée haute ou surcotes et tempêtes, vont entraîner des dommages majeurs au trait de côte.



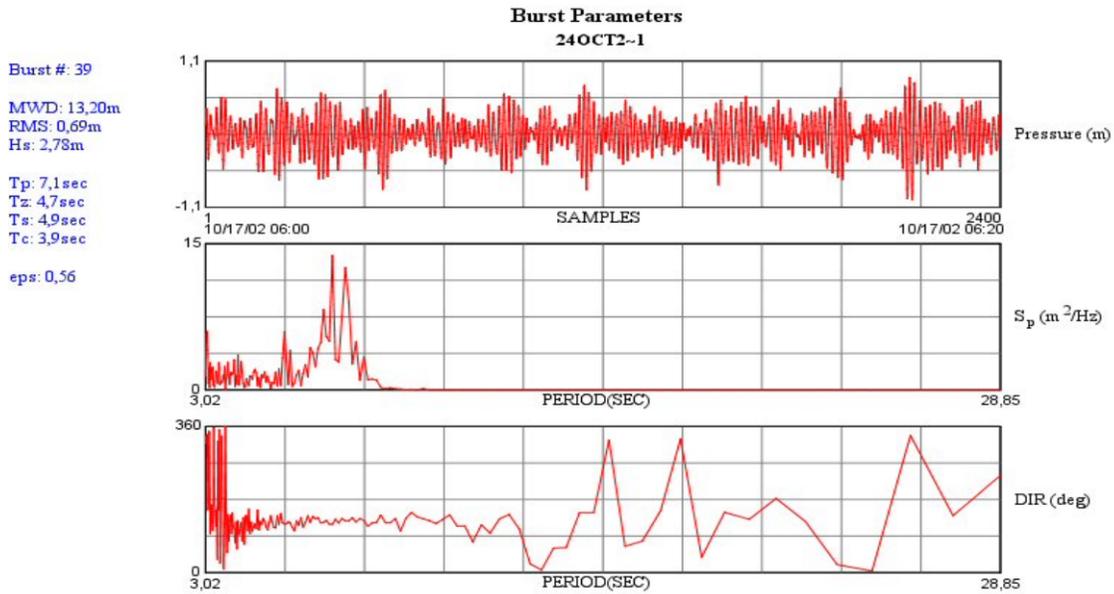
Paramètres des séries (Burst) calculés sur 2400 mesures : Variation de pression au cours de l'enregistrement, énergie (S_p) et direction (Dir) des houles en fonction de la période. MWD; hauteur d'eau au-dessus de l'appareil, Hs : hauteur significative, Tp : période de pic

Figure 3.1 : Série du 16 octobre 18:00



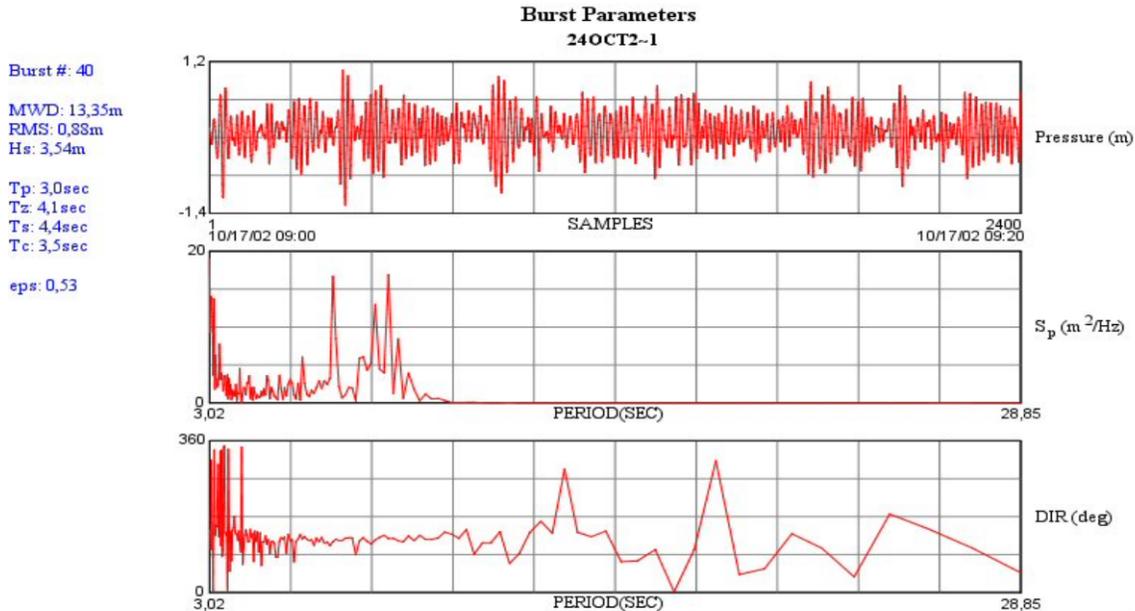
Paramètres des séries (Burst) calculés sur 2400 mesures : Variation de pression au cours de l'enregistrement, énergie (S_p) et direction (Dir) des houles en fonction de la période. MWD; hauteur d'eau au-dessus de l'appareil, Hs : hauteur significative, Tp : période de pic

Figure 3.2 : Série du 17 octobre 03:00



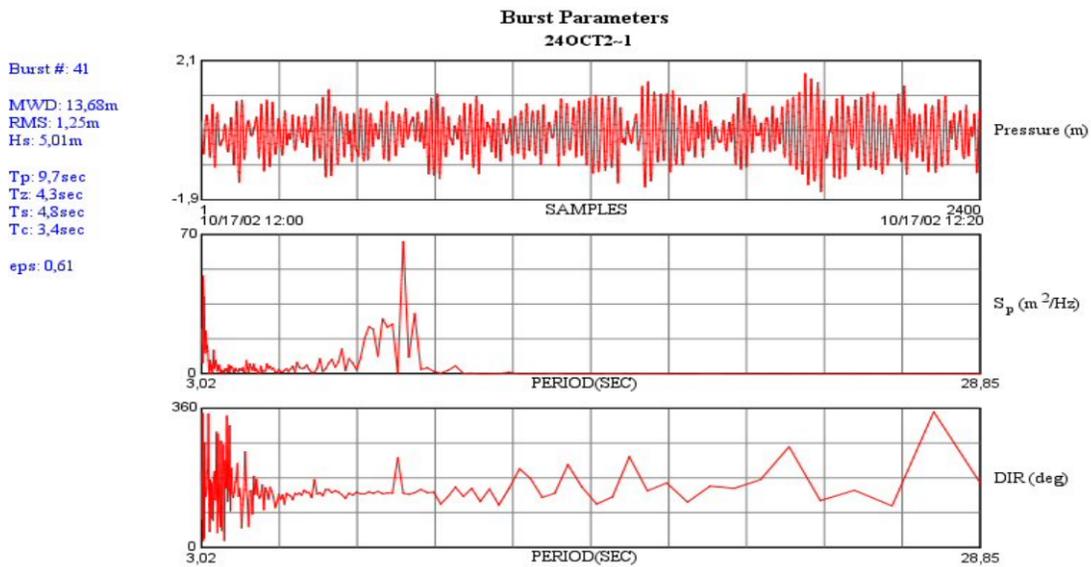
Paramètres des séries (Burst) calculés sur 2400 mesures : Variation de pression au cours de l'enregistrement, énergie (S_p) et direction (Dir) des houles en fonction de la période. MWD; hauteur d'eau au-dessus de l'appareil, Hs : hauteur significative, Tp : période de pic

Figure 3.3 : Série du 17 octobre 06:00



Paramètres des séries (Burst) calculés sur 2400 mesures : Variation de pression au cours de l'enregistrement, énergie (S_p) et direction (Dir) des houles en fonction de la période. MWD; hauteur d'eau au-dessus de l'appareil, Hs : hauteur significative, Tp : période de pic

Figure 3.4 : Série du 17 octobre 09:00



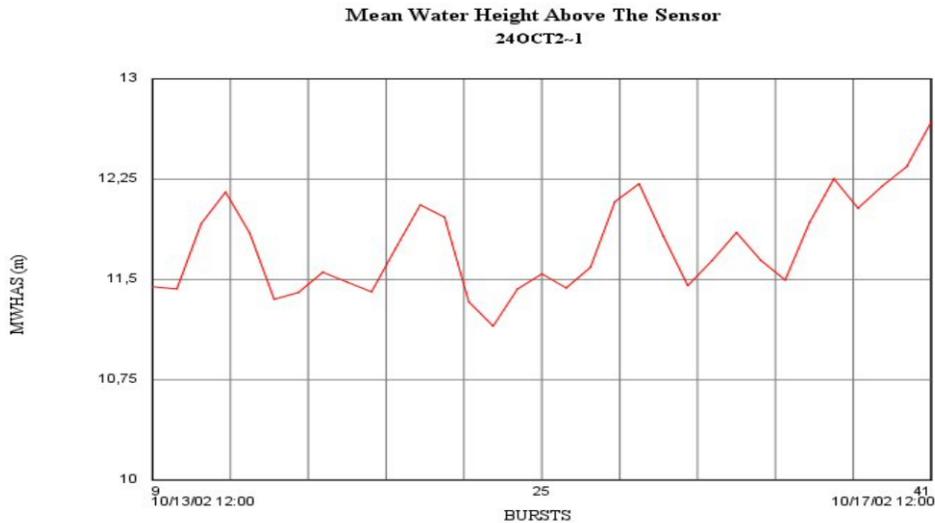
Paramètres des séries (Burst) calculés sur 2400 mesures : Variation de pression au cours de l'enregistrement, énergie (S_p) et direction (Dir) des houles en fonction de la période. MWD; hauteur d'eau au-dessus de l'appareil, Hs : hauteur significative, Tp : période de pic

Figure 3.5 : Série du 17 octobre 12:00



Paramètres des houles en fonction des séries de mesures (Bursts) : (H_s) hauteur significative, (T_p) période de pointe ou de pic, (EPS) énergie de la houle du pic principal, (DIR) direction de la houle de pic

Figure 3.6 : Évolutions des paramètres hydrodynamiques durant le début de la tempête



La mesure du niveau d'eau au-dessus de la sonde de pression permet de déterminer l'évolution du plan d'eau en relation avec les marées et les surcotes. Dès le 16 octobre à 18:00 une surcote commence à se faire sentir.

Figure 3.7 : Évolution du niveau du plan d'eau au cours de la période d'enregistrement

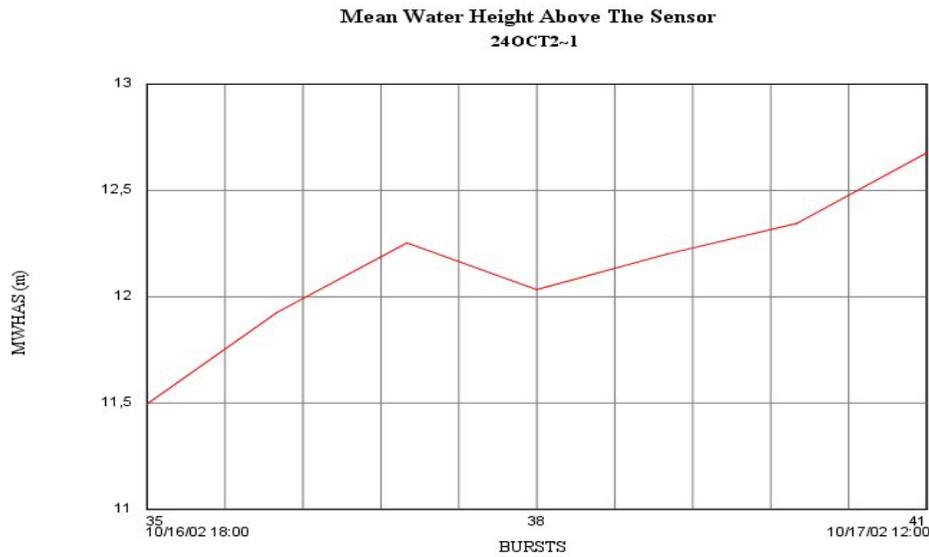


Figure 3.8 : Évolution de la hauteur du plan d'eau durant le début de tempête

Une surcote supérieure à un mètre se met en place sur une période de 21 heures.

4 MÉTHODOLOGIE

4.1 LES RELEVÉS GÉOPHYSIQUES

Deux systèmes ont été utilisés au cours de ces relevés, un système de sismique réflexion à très haute fréquence : le boomer Seistec-IKB, et le sonar à balayage latéral Mesotec. Le premier est utilisé pour déterminer l'agencement vertical des différents faciès qui constituent la colonne sédimentaire entre le fond marin et le toit du substratum rocheux et le second pour cartographier la distribution horizontale des faciès sédimentaires entre le littoral et l'isobathe des - 15 m. Les résultats obtenus par ces deux systèmes ont été étalonnés par observation visuelle et par prélèvements de sédiments à l'aide d'une benne. Les résultats obtenus par cette double approche sont à l'origine de la cartographie sismo-stratigraphique des différents sites d'étude (cartes bathymétriques, des sédiments de surface et de la profondeur du toit du substratum rocheux) et de l'interprétation de l'évolution du système à long terme.

4.1.1 Le positionnement et la correction de marée

Durant la campagne de relevés géophysiques, le positionnement est obtenu en format MTM en utilisant la référence NAD 87. L'appareil utilisé est un DGPS, Pathfinder Pro XRS de Trimble. La correction DGPS est effectuée en temps réel à partir des bases fixes de la Garde côtière. La résolution horizontale est de l'ordre du décimètre et la résolution verticale de l'ordre du demi-mètre. Pour les deux types de relevés, l'antenne GPS est positionnée soit directement sur l'appareil de mesure (sismique) soit à moins de 20 centimètres de celui-ci (sonar).

Le carnet de terrain enregistre en continu la position XY des points de mesures suivant un pas d'une minute ou deux minutes, en fonction de la longueur des profils. L'élévation verticale Z est corrigée ultérieurement des variations de la marée en utilisant la Table des marées et courants du Canada 2001, volume 2 édités par Pêche et Océans Canada suivant le protocole défini. Pour les différentes études, les ports de références suivants ont été utilisés (tableau 4.1).

Tableau 4.1 : Ports de références

La hauteur du niveau moyen (NME) est donnée par rapport au zéro marégraphique ou zéro des cartes. Le niveau moyen correspond au niveau géodésique.

Site d'étude	Port principal	Port secondaire	NME (m)
Maria	Pointe Saint-Pierre	Pointe Howatson	1,19
Saint-Siméon - Bonaventure	Pointe Saint-Pierre	Paspébiac	0,97
Newport	Pointe Saint-Pierre	Port-Daniel	0,85
Cap-d'Espoir	Pointe Saint-Pierre	Cap-d'Espoir	0,67

4.1.2 La sismique réflexion

Le principe de l'utilisation de sismique réflexion consiste à mesurer l'onde acoustique qui après avoir été émise en surface, se réfléchit par les différentes discontinuités du sous-sol et remonte en surface. La profondeur de chaque horizon de réflexion correspond au temps aller-retour que met une onde pour effectuer cet aller-retour. Les sources sismiques utilisées sont soit un canon à air, un sparker ou un boomer. Ces appareils varient en fréquence et permettent des pénétrations différentes en fonction de leur fréquence d'émission. Dans les deux premiers cas, les fréquences varient entre 40 et 800 Hz, alors que dans le cas du boomer, elles sont comprises entre 1 et 8 KHz. La résolution dépend de la fréquence et peut être considérée comme égale à celle de la longueur d'onde de cette dernière, ainsi dans le cas du Seistec-IKB elle est de 25 cm.

Les signaux sont enregistrés en mode analogue (bruts ou filtrés) ou en mode digital (après digitalisation de l'onde brute). Le système de relevés de sismique réflexion utilisé est le Seistec-IKB, qui a une fréquence moyenne de 5 kHz et une puissance maximale 300 J. La géométrie de réception est particulière à ce type d'appareillage car les huit hydrophones sont montés verticalement à l'intérieur d'un cône pour éliminer le signal direct de surface et ainsi pouvoir travailler dans des profondeurs d'eau inférieures à la taille de ce signal. Le SPA 3 synchronise l'ensemble de la chaîne de mesure en dirigeant le tir et en amplifiant et filtrant le signal de retour. Les signaux sont enregistrés simultanément sous forme analogue sur un enregistreur DAT de Sony et sur une table graphique EPC 4800.

Du fait de la faible profondeur d'eau (de 1.5 à 15 m) le relevé a été effectué à une puissance de 105 J, suivant un pas de tir de $\frac{1}{4}$ de seconde afin d'obtenir un tir tous les mètres. Le signal brut est enregistré sur le DAT (canal 3) pour des rejeux ultérieurs, alors que le signal filtré entre 400Hz et 10KHz est imprimé sur la table EPC.

4.1.3 Le sonar à balayage latéral

Le sonar à balayage latéral donne une image acoustique du fond marin. L'émetteur, un piézo-céramique, émet une énergie transmise qui a la forme d'un cône qui balaye le fond, depuis l'appareil, jusqu'à une distance latérale de 100 m. Cette onde se propage dans la masse d'eau, puis atteint le fond pour s'éloigner de la verticale. L'onde réfléchit par le fond à une intensité qui est fonction du degré d'absorption de l'onde par le type de matériaux rencontré. Par exemple, les graviers et les galets renvoient un signal plus intense que le sable ou la vase.

L'appareil utilisé est un Simrad-Mesotech, l'émetteur correspond au model 971-1 et le processeur au model 971-15. L'impression des données est effectuée sur la table EPC 9800. La fréquence du sonar est de 675 KHz. L'intervalle de mesures utilisé était d'un tir tous les 25 millisecondes.

Le sonar est fixé latéralement à la coque du bateau, aussi seul le côté tribord a été utilisé durant ce travail.

4.2 LES PROFILS DE PLAGE

Dans le cadre de ce travail deux approches méthodologiques différentes ont été utilisées, une approche conventionnelle par mesures d'arpentage au sol en 2001, 2002 et 2003 et une approche par laser aéroporté en 2003 afin de préciser la première approche. Seule, une partie des données acquises à l'aide du LIDAR est présentée, car ce projet d'acquisition de données fait partie d'un projet de recherche distinct.

4.2.1 L'approche par mesures d'arpentage

Suite aux campagnes de relevés de juin et d'août 2001, les têtes de chaque profil ont été nivelées d'abord à l'aide d'un DGPS, modèle Pathfinder Pro XRS de Trimble puis par arpentage. Les coordonnées de chaque point ont été géoréférencées dans le système géodésique MTM en NAD83 avec une précision en X,Y,Z inférieure au centimètre. Par la suite, un repère géodésique a été installé sur chaque tête de profils.

Les profils des sites de Maria, Saint-Siméon - Bonaventure et Newport de juin 2001 ont été levés à l'aide d'un théodolite à infrarouge TC600 de Leica. Par la suite, les mesures ont été effectuées à l'aide d'un théodolite digital. Sur cette base, 59 têtes de profils ont été implantées pour l'ensemble des quatre zones, au mois de juin 2001, et 8 ont été ajoutées en août 2001. Les sites de Cap-d'Espoir n'ont pu être rattachés, car ils n'étaient pas encore définis.

Les profils sont espacés de 500 m le long du littoral et le nombre de points de mesures le long du profil est fonction de son hétérogénéité et de la définition géomorphologique de la plage tel que préconisé par Owen et Frobel (1976). Ces profils débutent sur la route 132 ou sur la dune ou talus et se terminent en mer par des profondeurs qui n'excèdent pas un mètre en dessous du niveau hydrographique ou niveau de marée basse. Des profils plus rapprochés ont été établis dans deux types de milieu : dans les zones plus sensibles à l'érosion et proche des sources d'apport sédimentaire.

4.2.2 L'approche par mesures aéroportées

4.2.2.1 *Le principe*

Le système LIDAR est basé sur le principe des systèmes RADAR : des impulsions de très courtes durées (nanoseconde) de longueur d'onde proche de l'infrarouge sont émises par un laser. Le temps mis entre l'émission de l'onde et son écho correspond au double de la distance parcourue.

4.2.2.2 *L'équipement*

Les relevés LIDAR sont effectués en marée basse de vive eau, au moyen d'un système laser ALTM-2050 d'Optech utilisant un laser infrarouge de longueur d'onde de 1064 nm. La fréquence d'émission est de 50 kHz et la fréquence de balayage est de 17 Hz. Les données de l'intensité du signal de retour des premiers et derniers échos sont enregistrés simultanément aux données de GPS (*Trimble 4000 SSI*). Les données de positionnement sont corrigées en post-traitement à l'aide des stations fixes de la Garde côtière. L'altitude de la plate-forme d'acquisition (un avion *Navajo*) est déterminée grâce à une centrale inertielle *Applanix*

fonctionnant à 200 Hz et qui possède une précision de $0,005^\circ$ pour le roulis et le tangage et de $0,015^\circ$ pour le cap. L'avion vole à une altitude de 800 m et couvre un corridor de 400 m. L'espacement des points au sol est de 30 cm le long d'un balayage et de 150 cm entre deux lignes de balayage. Lors de la première campagne de relevés, en mai 2003, un seul passage a été réalisé alors que durant la deuxième campagne, en mai 2004, un passage a été réalisé sur la même ligne de vol et un autre à 200 m plus au large afin de couvrir les falaises sous un angle oblique. De plus, des lignes perpendiculaires au trait de côte ont permis de déterminer le coefficient de dispersion latérale du signal afin d'étalonner les intensités du signal de retour.

4.2.2.3 Analyse des données d'altimétrie

Le principe d'analyse des données d'altimétrie est présenté à titre indicatif car l'utilisation de cette technique fait l'objet d'un projet de recherche indépendant du présent travail. L'ensemble de la technique d'interprétation est présentée mais seuls les résultats indispensables à la réalisation du bilan sédimentaire seront utilisés par la suite.

Le post-traitement des données consiste à améliorer la précision des positionnements obtenus par GPS et de classer les points LIDAR en deux catégories, ceux qui représentent le sol et ceux qui représentent le haut du couvert végétal.

La détermination des mesures d'érosion ou de sédimentation a été effectuée en juxtaposant les différents profils topographiques. Dans le cas de l'utilisation des données LIDAR, des couloirs de 5 m de largeur ont été définis et le profil restitué correspond au profil moyen sur les trois profils LIDAR qui sont contenus à l'intérieur du couloir défini précédemment. En 2003, une intercalibration a été effectuée entre les deux méthodes en relevant un profil de plage durant le survol aérien. La principale différence entre les deux méthodes provient de la densité de points obtenus sur un même profil. Dans le cas d'un relevé d'arpentage, la distance moyenne entre deux points de relevés est d'environ 5 m alors qu'elle est de 30 cm en utilisant le système aéroporté, soit 15 fois plus de points. (Figures 4.1). Cette intercalibration a été menée à partir de six profils de Saint-Siméon soit les profils 26, 31, 35, 36, 45 et 46 (tableau 4.2) et les angles de pentes des données LIDAR et terrain sont résumés dans le tableau 4.3.

Tableau 4.2 : Paramètres LIDAR et terrain pour les sites de Saint-Siméon - Bonaventure

(d'après Roberge, 2004)

Station	LIDAR							Terrain						
	x_B (m)	x_A (m)	Δx (m)	y_B (m)	y_A (m)	Δy (m)	m_{Lidar}	x_D (m)	x_C (m)	Δx (m)	y_D (m)	y_C (m)	Δy (m)	$m_{Terrain}$
st. 26	14,42	1,92	12,50	1,51	10,85	-9,34	-0,75	13,84	1,75	12,09	1,74	10,89	-9,15	-0,76
st. 31	34,40	21,30	13,10	-0,76	0,32	-1,08	-0,08	35,27	20,71	14,56	-0,29	0,82	-1,10	-0,08
st. 35	27,00	11,50	15,50	-0,35	2,18	-2,53	-0,16	23,34	13,00	10,34	-0,02	1,86	-1,88	-0,18
st. 36	31,18	3,23	27,95	-1,11	2,43	-3,54	-0,13	27,23	5,00	22,23	-0,68	2,09	-2,77	-0,12
st. 45	14,22	4,06	10,16	0,88	5,38	-4,50	-0,44	16,87	3,73	13,14	0,41	5,57	-5,16	-0,39
st. 46	19,38	10,00	9,38	-0,40	2,15	-2,55	-0,27	13,36	7,12	6,24	-0,20	1,58	-1,78	-0,29

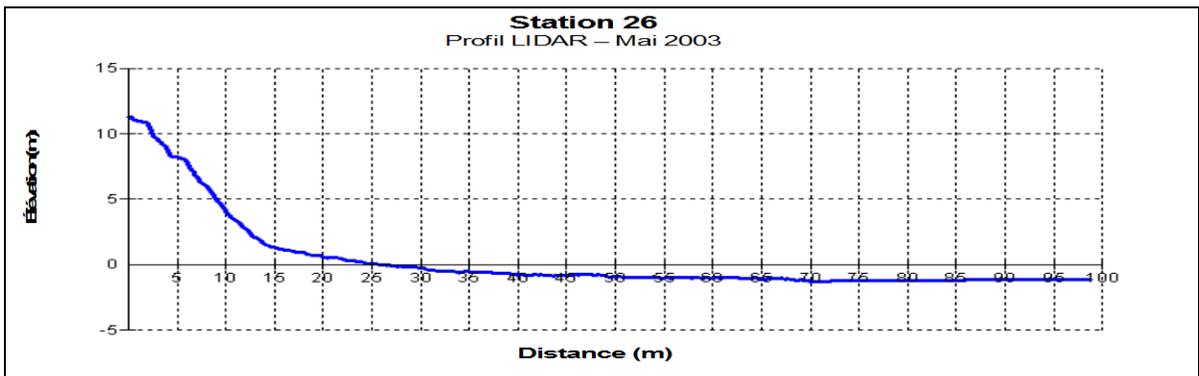
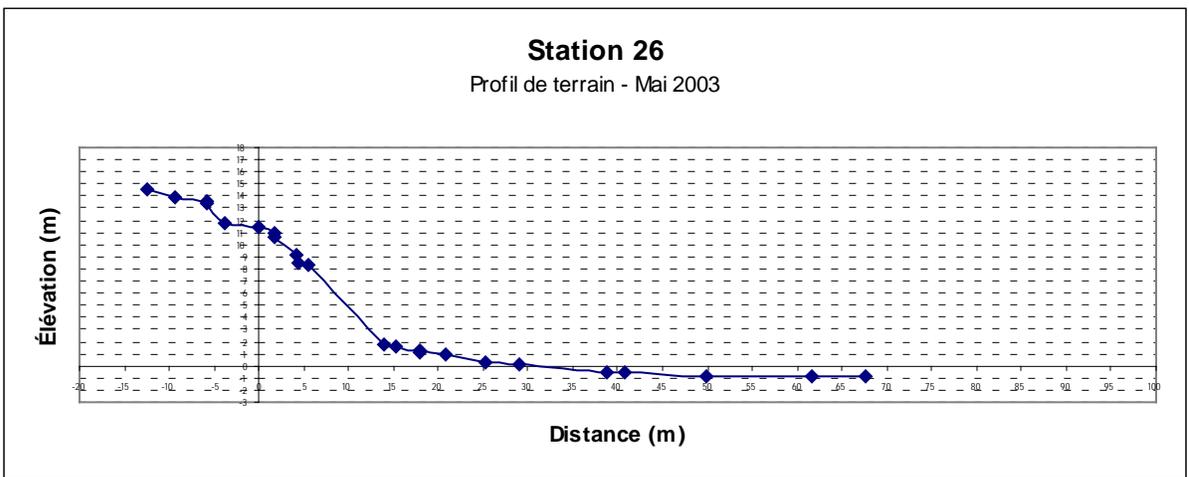
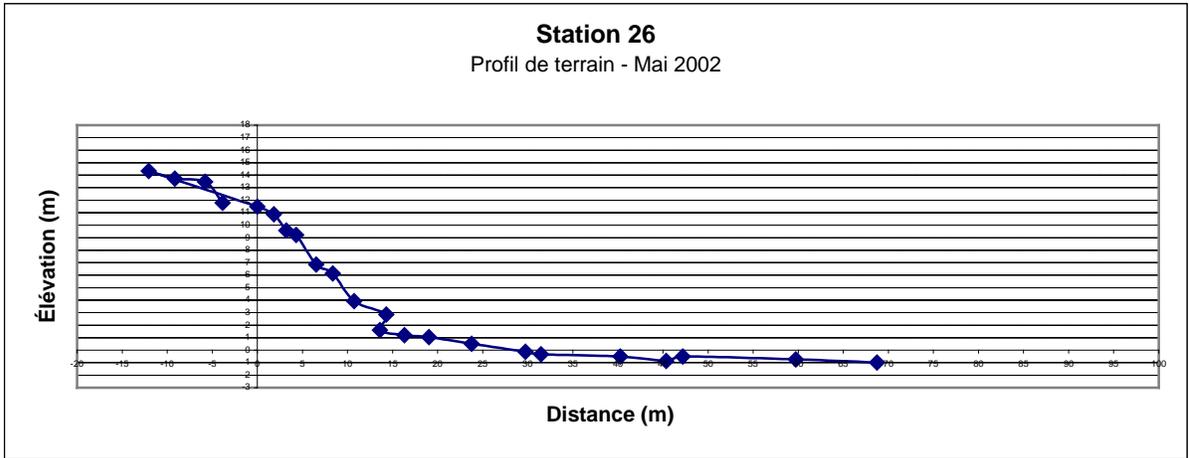


Figure 4.1 : Comparaison de deux profils de terrain (mai 2002 et mai 2003) et d'un profil Lidar (mai 2003)

L'élévation 0 correspond au zéro géodésique.

Tableau 4.3 : Angles de pente calculés à partir des données LIDAR et terrain

(d'après Roberge 2004)

Stations	Angles de pente LIDAR (°)	Angle de pente terrain (°)	Écart (%)
26	- 36,74	- 37,12	0,94
31	- 4,71	- 4,33	8,82
35	- 9,27	- 10,33	10,25
36	- 7,22	- 7,10	1,63
45	- 23,89	- 21,44	11,43
46	- 15,21	- 15,92	4,48

4.3 L'ÉCHANTILLONNAGE SÉDIMENTOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE

Afin de déterminer la succession verticale des faciès sédimentaires constituant l'architecture de la place, des carottes de 10 cm de diamètre ont été prélevées le long des différents profils, dans les zones sableuses. Dans les zones de galets, la nature du substrat a rendu impossible cette opération et des tranchées parallèles à la pente ont été creusées sur l'estran. Des sédiments de surface ont été prélevés le long de chaque profil pour analyses granulométriques ultérieures. La classification utilisées est celle de Wentworth.

Tableau 4.4 : Classification granulométrique adaptée de Wentworth

(d'après Pettijohn et al.,1972 et Foucault et Raoult,1988). *Les unités phi (Φ) sont des logarithmes de base 2 de l'inverse des dimensions des particules en mm. Les termes entre parenthèses correspondent aux appellations anglo-saxonnes des unités.*

Dimensions en mm		Dimensions en fraction de mm		Dimensions en unité phi		Classe de tailles de Wentworth	Unités
	256		256	- 12	- 8	Blocs	RUDITES (Gravel)
256	64	256	64	- 8	- 5	Galets	
64	4	64	4	- 5	-2	Graviers	
4	2	4	2	- 2	- 1	Granules	
2	1	2	1	- 1	0	Sables très grossiers	ARÉNITES (Sand)
1	0,500	1	½	0	1	Sables grossiers	
0,500	0,250	½	¼	1	2	Sables moyens	
0,250	0,125	¼	1/8	2	3	Sables fins	
0,125	0,063	1/8	1/16	3	4	Sables très fins	LULITES (Silt) (Clay)
0,063	0,032	1/16	1/32	4	5	Silts grossiers	
0,032	0,016	1/32	1/64	5	6	Silts moyens	
0,016	0,008	1/64	1/128	6	7	Silts fins	
0,008	0,004	1/128	1/256	7	8	Silts très fins	
0,004	0,00006	1/256	1/16364	8	14	Argiles	

Pour l'ensemble des sites, 10 carottes ont été prélevées. Lorsqu'il n'a pas été possible de prendre des carottes, les données stratigraphiques ont été acquises à partir d'une tranchée. De plus, en juin et août 2001, 280 échantillons ont été prélevés sur chaque berme.

Parallèlement à ces mesures et ces prélèvements, des observations géomorphologiques ont été entreprises afin de compléter la connaissance générale de l'environnement de dépôt des sédiments. Ainsi, les variations morphologiques et sédimentologiques sont décrites le long des profils et plus généralement sur l'ensemble de la plage. En effet, les structures sédimentologiques observées témoignent des variations hydrodynamiques et des événements sédimentologiques, morphologiques, biologiques et hydrodynamiques qui modèlent la plage et son environnement général depuis le bord de la route 132, jusque sur l'avant-plage.

4.4 L'ÉCHANTILLONNAGE BIOLOGIQUE

Dans la zone intertidale, des profils biologiques ont été réalisés à marée basse, sur les profils topographiques. La description de certains profils a été prolongée en mer par plongées, jusqu'à une distance d'environ 100 m de la côte, intégrant la description de l'épifaune benthique. Des échantillons de sédiments ont été prélevés en bas de plage, dans l'axe de ces profils, lorsque les sédiments le permettaient. Les échantillons ont tous été prélevés dans la partie basse de l'estran (zone des ripples marks), ils n'étaient pas tous situés à la même altitude mais sur cette zone la variation altimétrique est inférieure à 20 cm. Ces échantillons sont représentatifs tant du faciès sédimentaire que de l'habitat présent sur le bas de plage. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un quadrat délimitant une zone de 20 cm sur 20 cm, sur une épaisseur de 10 cm. Chaque échantillon a été tamisé à 1 mm, afin de recueillir le macrobenthos qui est conservé dans une solution de formol à 4 %. À marée haute, des profils réalisés en plongée ont pour but d'obtenir une description des différents faciès sédimentaires et des organismes benthiques de l'épifaune observés jusqu'à 100 m de la côte.

Dans le marais de Saint-Siméon, des triplicats d'échantillons ont été prélevés sur 3 stations à marée basse. À 20 m du niveau marin observé, en face de ces 3 stations, la densité des myes (*Mya arenaria*) a été évaluée par décompte des trous créés dans le sédiment par les siphons de ce bivalve. Dans chacune des trois zones, les myes étaient comptées à l'intérieur d'un quadrat de 0,25 m² déposé 10 fois. Par la suite, trois profils ont été réalisés dans l'herbier de zostères, dans l'alignement des stations biologiques précitées, afin de déterminer les espèces résidentes. Chaque profil comptait 1 prélèvement tous les 10 mètres jusqu'à l'extrémité de l'herbier, soit environ 10 stations par profil.

Sur l'avant-plage, des échantillons sont prélevés à l'aide d'une benne Van Veen de 1/16 de m² ou 8 L de sédiments. La position de chacun des prélèvements a été déterminée en fonction des faciès sédimentaires identifiés des relevés de sonar à balayage latéral. Chaque station était échantillonnée 3 fois afin de déterminer la variabilité des populations. En cas de refus, cinq tentatives ont été effectuées sur chaque site. Si le refus a été constant, le substrat était considéré comme rocheux ou graveleux s'il ne supportait pas de laminaires, dans le cas contraire la station a été identifiée comme appartenant à un champ de laminaires. Chaque échantillon prélevé a été tamisé à 1 mm et conservé dans une solution tamponnée de formaldéhyde à 4 %.

Le tri des échantillons prélevés en bas de plage et dans la zone côtière a été réalisé au laboratoire d'écologie benthique de l'ISMER. L'identification des organismes retrouvés s'est faite en majorité à l'espèce. Un total de 27 échantillons a été prélevé en bas de plage et 34 dans la zone côtière soit 61 au total. Tous les échantillons ont été réalisés en triplicata à des fins statistiques. Les tableaux A à D de l'annexe 3 et ceux de l'annexe 4 indiquent l'abondance relative des organismes identifiés à chaque station, pour chaque site, dans la zone intertidale et dans la zone côtière.

Par la suite, la comparaison de la composition faunistique des peuplements des différents sites a été effectuée en utilisant le coefficient quantitatif de Bray-Curtis (1957), sur des données transformées par la racine carrée (coefficient de similarité). Enfin, des matrices de similitudes des peuplements ont été établies par cluster et MDS (méthode de positionnement multidimensionnel). Ces analyses permettent de qualifier et quantifier les peuplements. En effet, le coefficient de similarité compare la distribution des espèces, tant du point de vue qualitatif que quantitatif, en regroupant les valeurs les plus proches ou en déterminant la similarité entre les valeurs.

5 BIOLOGIE DES SITES

Les résultats des mesures de biologie des sites ont été effectués à l'Institut des Sciences de la Mer (ISMER-UQAR) sous la direction du professeur Desrosiers et ont fait l'objet d'un rapport préliminaire qui est repris ici. Ces sites sont présentés figure 5.1.

5.1 SITE DE MARIA

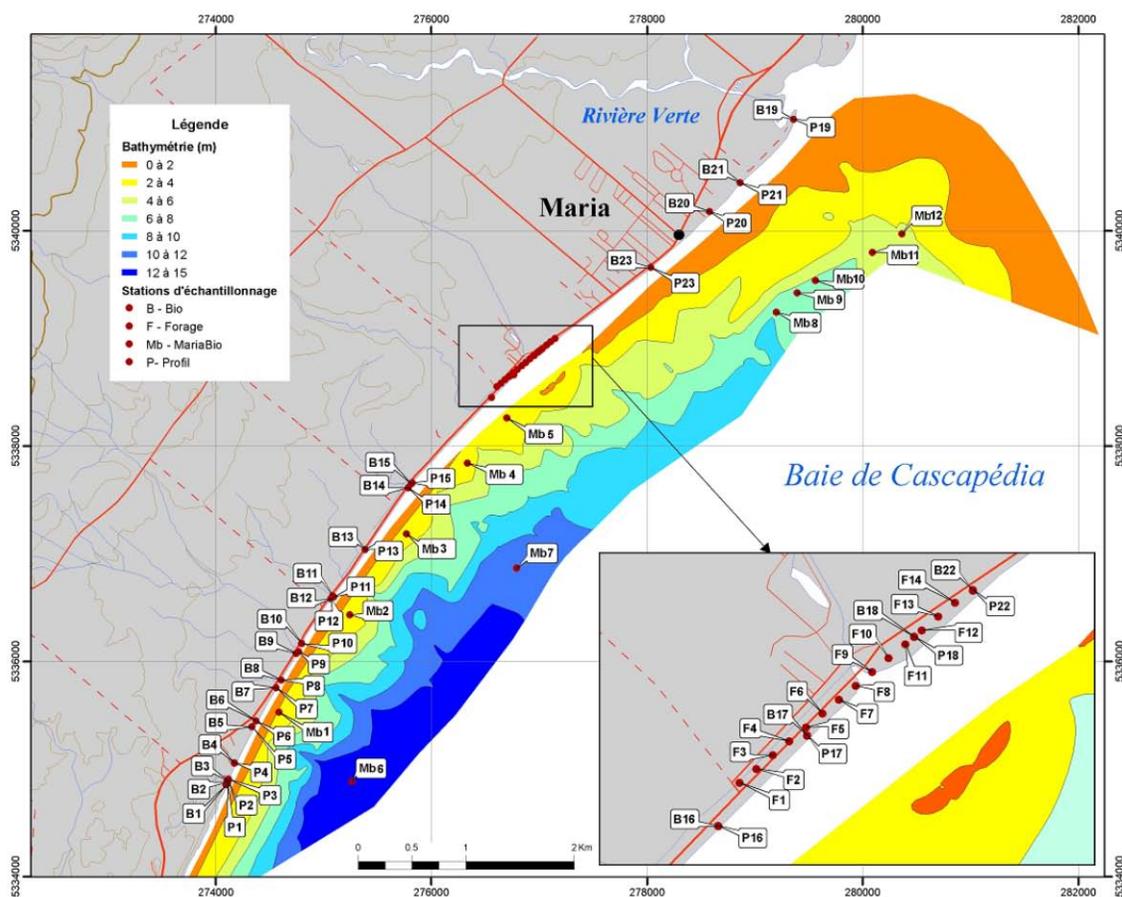


Figure 5. 1 : Localisation des prélèvements biologiques à Maria

Les têtes de profils sont indiquées par la lettre P suivie du numéro du profil; les prélèvements biologiques de plage sont indiqués par la lettre B suivie du numéro de station; les prélèvements biologiques effectués en mer sont indiqués par les lettres Mb suivies du numéro de station; les forages ou sondages effectués par le ministère des Transports sont indiqués par la lettre F suivie du numéro du sondage.

5.1.1 Zone intertidale (estran)

5.1.1.1 Relevés biologiques sur les profils de plage

Seuls, certains profils topographiques ont été échantillonnés (figure 5.1 et annexe 2) car sur un grand nombre, les faciès sédimentaires étaient soit absents soit réduits à un film sédimentaire de surface. De plus, les profils présentés qui sont perpendiculaires au trait de côte, correspondent aux faciès types qui reflètent les changements de la morphologie de la plage.

Aux stations 1 à 6, le haut de plage est bordé par une petite falaise herbacée, prolongée par une plage de galets de 7 m de large, suivie d'une bande sablo-graveleuse et galets de 8 m de large. La laisse de plage, retrouvée à la fin de la première bande de galets, est principalement composée de débris de zostères et de moules. À la suite de cette bande, les galets se poursuivent sur 3 m, jusqu'à la limite de la marée basse puis, dans l'eau, ils sont recouverts par des algues vertes, *Ulva lactuca* et des algues filamenteuses. Le transect en plongée, effectué dans le prolongement du profil, montre une alternance de bandes de galets et de bandes sableuses jusqu'à 50 m de la côte. Au niveau de la station 3, on retrouve dans l'eau des roches provenant de l'enrochement du haut de plage. Aux stations 4, 5 et 6, la falaise bordant la plage est plus haute.

Du profil 7 au profil 16, la plage est relativement homogène. Deux ruisseaux débouchent sur cette portion de côte, l'un au niveau du profil 9 et l'autre au niveau du profil 15. La plage est bordée par le mur de soutènement de la route 132 ou par des enrochements au niveau des embouchures des rivières. Sous le muret, le talus herbacé qui se développe par endroit, se poursuit par une bande de galets de 2 à 4 m. Cette bande de galets est prolongée par une bande sablo-graveleuse avec quelques galets, de 2 à 5 m, puis une bande sableuse avec des graviers et des galets jusque dans l'eau (5 à 10 m environ). Au large, la reconnaissance effectuée en plongée, montre que les galets se poursuivent sur environ 5 m depuis la côte puis ils sont remplacés par du sable jusqu'à environ 100 m de la côte (profondeur environ 2 m).

Aux stations 17, 18 et 22, situées au niveau de la plage des Goélands, le haut de plage est couvert par une bande de végétation assez large (jusqu'à 10 m), suivie par une bande de galets et graviers de 5 à 10 m. Cette bande est prolongée par une bande sablo-graveleuse de 8 à 10 m, puis par une bande sable, graviers et galets jusque dans l'eau. Au large (observations effectuées en plongée) une bande de sable de 3 m de large prolonge la bande de sable, graviers et galets. Par la suite, le sable est remplacé par une zone de galets, de roches et d'affleurement du substratum rocheux. Ces roches sont couvertes de mousse d'Islande (*Chondrus crispus*) et de littorines (*Littorina littorea*).

La station 23, située au niveau de la caisse populaire Desjardins est formé par une bande de sable (3 m) contenant des roches, jusqu'à la limite de la marée basse. Ces roches se poursuivent en mer (observations en plongée) sur une dizaine de mètres et sont suivies d'une bande sableuse d'environ 10 m, puis d'un herbier de zostères. À cet endroit, l'eau contient beaucoup de débris fins de bois.

Les stations 20, 21 sont situées en avant du marais et la station 19, dans le marais. La plage limitant le marais est précédée par une large zone de végétation en arrière de laquelle des

habitations ont été implantées (stations 20 et 21). La plage est constituée par une double alternance de bandes de galets et de bande sablo-graveleuses. La deuxième bande de sable s'enrichit en vase en s'approchant du marais (station 19), puis elle est suivie d'une nouvelle bande de galets.

5.1.1.2 Diversité des espèces

L'analyse qualitative a pour but d'étudier la diversité des espèces. Les polychètes sont dominants aux stations B7, B9, et B19.2, mais ils ne sont représentés que par deux espèces. À la station 15, l'abondance en terme d'espèces des trois groupes zoologiques (polychètes, crustacés et bivalves) est équivalente, tandis qu'à la station 19.2 ce sont les abondances des polychètes qui dominent. À la station 23, un seul groupe est présent, celui des crustacés. Ce dernier n'est représenté que par une seule espèce.

Tableau 5.1 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans la zone intertidale de Maria

Les abréviations sp., %sp., Ab., et %Ab correspondent respectivement au nombre d'espèces recensées par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance des individus de chaque espèce et au pourcentage d'abondance de ces individus de chaque espèce par rapport à l'abondance totale des individus.

Stations	B7				B9				B15				B23			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	1	100	0.3	100	2	100	20	100	1	33.3	0.7	53.8	0	0	0	0
Bivalves	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33.3	0.3	23.1	0	0	0	0
Crustacés	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33.3	0.3	23.1	1	100	2	100
Total	1		0.3		2		20		3		1.3		1		2	

Stations	B19				B19.1				B19.2			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	2	50	7.7	85.6	1	50	4	85.1	2	50	57	98.3
Bivalves	2	50	1.3	14.4	1	50	0.7	14.9	1	25	0.7	1.21
Crustacés	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	0.3	0.52
Total	4		9		2		4.7		4		58	

5.1.1.3 Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. L'analyse quantitative a pour but de déterminer le nombre d'individus ou l'abondance des individus par mètre carré (annexe 2). Très peu d'organismes ont été récoltés dans les échantillons prélevés à marée basse, excepté dans le marais de Maria à la station B19.2. À cette station, les polychètes représentent 98 % des organismes et l'espèce dominante est *Nereis diversicolor* (96,5 %). Les polychètes sont dominants aux stations B7, B9, B15, B19 et B19.1 (85 à 100 %) et sont principalement représentés par *Nereis diversicolor*. Le crustacé amphipode *Gammarus oceanicus* domine à la station B23. Si des affleurements rocheux ou des galets et blocs sont présents sur les stations échantillonnées (stations B15 et B19.1), *Mytilus edulis* représente une espèce abondante (25 et 12,5 %) alors que *Mya arenaria* n'est présente que lorsque la quantité de sédiments plus fins (sable et silt) est suffisante (11% à la station B19).

5.1.2 Zone côtière (avant-plage)

5.1.2.1 Diversité des espèces

À Maria, des bennes ont été prélevées aux 12 stations prévues. Les sédiments étaient de nature semblable à chacune de ces stations, soit un sable-vaseux graveleux. Les résultats du tri des organismes récoltés indiquent qu'au niveau de la diversité, les polychètes sont le taxon le plus diversifié, de 7 (station Mb12) à 13 (stations Mb1 et Mb9) espèces, soit de 63 à 92 %, pour toutes les stations. Les crustacés sont représentés par 1 (station Mb1, Mb7, Mb8) à 4 espèces (station Mb2), soit de 5 à 25 %. Les bivalves ne sont représentés que par une seule espèce (6 à 9 %) différente en fonction de la station.

Tableau 5.2 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans la zone côtière, à Maria (Stations Mb)

Les abréviations sp., %sp., Ab., et %Ab correspondent respectivement au nombre d'espèces recensées par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance des individus de chaque espèce et au pourcentage d'abondance de ces individus de chaque espèce par rapport à l'abondance totale des individus.

Stations	Mb1				Mb2				Mb3				Mb4			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	13	72,2	49,3	94,2	10	62,5	63,7	88,5	11	73,3	55,0	85,5	11	68,8	53,0	93,0
Gastéropodes	1	5,6	0,3	0,6	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Bivalves	1	5,6	0,3	0,6	1	6,3	0,3	0,6	1	6,7	0,7	1,0	1	6,3	0,7	1,2
Crustacés	1	5,6	0,3	0,6	4	25,0	6,3	12,1	2	13,3	1,3	2,1	3	18,8	2,3	4,1
Échinodermes	1	5,6	0,3	0,6	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Némertes	1	5,6	1,7	3,2	1	6,3	1,7	3,2	1	6,7	7,0	10,9	1	6,3	1,0	1,8
Phoronidae	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Total	18		52,3		16		72		15		64,3		16		57	

Stations	Mb5				Mb6				Mb7				Mb8			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	12	80,0	54,3	93,6	12	92,3	30,0	97,8	11	78,6	76,7	94,3	12	85,7	57,0	96,1
Gastéropodes	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Bivalves	1	6,7	2,3	4,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Crustacés	2	13,3	1,3	2,3	0	0,0	0,0	0,0	1	7,1	0,3	0,4	1	7,1	1,3	2,2
Echinodermes	0	0,0	0,0	0,0	1	7,7	0,7	2,2	1	7,1	1,7	2,1	1	7,1	1,0	1,7
Némertes	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	1	7,1	2,7	3,3	0	0,0	0,0	0,0
Phoronidae	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Total	15		58		13		30,7		14		81,3		14		59,3	

Stations	Mb9				Mb10				Mb11				Mb12			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	13	72,2	62,3	96,3	11	73,3	51,0	91,6	12	75,0	36,0	85,7	7	63,6	13,2	26,9
Gastéropodes	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Bivalves	1	5,6	0,3	0,5	1	6,7	0,7	1,2	1	6,3	1,3	3,2	1	9,1	0,3	0,7
Crustacés	2	11,1	0,7	1,0	3	20,0	3,7	6,6	2	12,5	4,0	9,5	2	18,2	32,7	66,7
Echinodermes	1	5,6	1,0	1,5	0	0,0	0,0	0,0	1	6,3	0,3	0,8	1	9,1	2,0	4,1
Némertes	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Phoronidae	1	5,6	0,3	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Total	18		64,7		15		55,7		16		42		11		49	

5.1.2.2 Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. En terme d'abondance (nombre d'individus par m²), les polychètes sont dominants aux stations Mb1 à Mb11 et représentent 85 (station Mb11) à 97 % (station Mb6) des organismes récoltés (annexe 3). L'annélide polychète *Prionospio steenstrupi* est l'espèce dominante, de 12 à 57 %, aux stations Mb1 à Mb4 et Mb7 à Mb12. À la station Mb5, *Nereis diversicolor* est l'espèce dominante et représente 36 % des organismes récoltés. À la station Mb6, c'est le Cirratulidae *Tharyx acutus* qui est dominant et il représente 37 % des organismes récoltés. À la station Mb12, les crustacés sont dominants et représentent 66 % de la faune totale; l'amphipode *Pontoporeia femorata* est l'espèce la plus représentée (47 %).

5.2 SITE DE SAINT-SIMÉON ET BONAVENTURE

L'ensemble des opérations de terrain est présenté figure 5.2

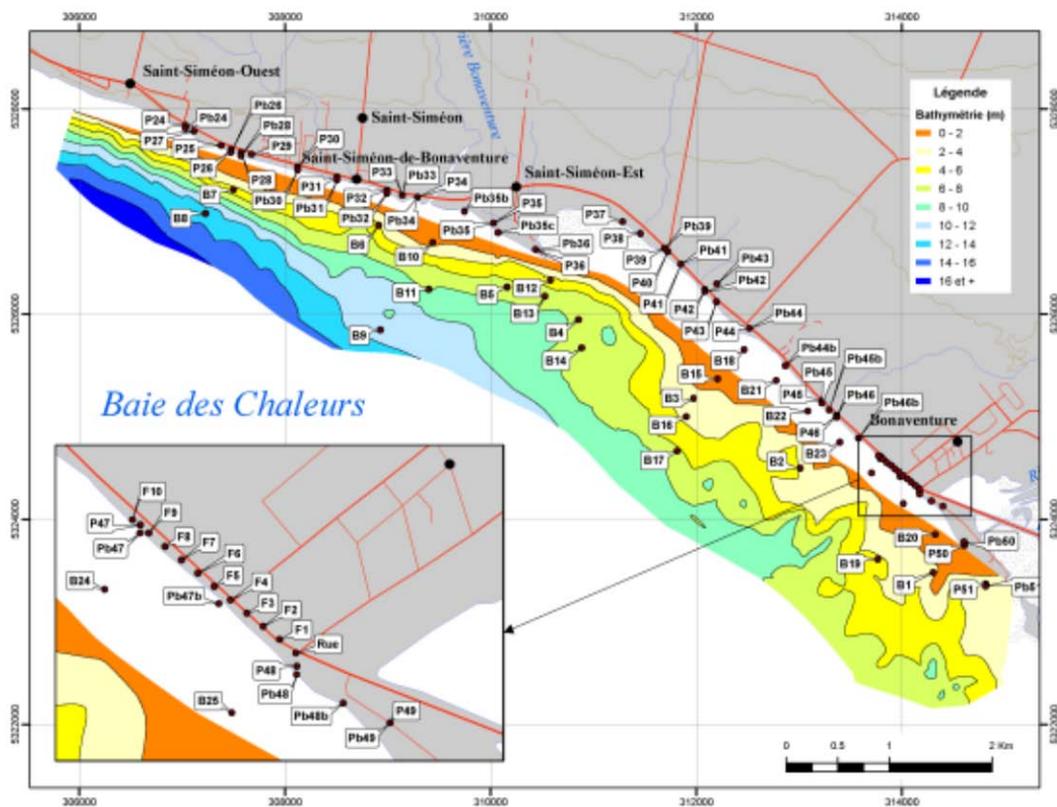


Figure 5.2 : Localisation des prélèvements biologiques à Saint-Siméon – Bonaventure

Les têtes de profils sont indiquées par la lettre P suivie du numéro du profil; les prélèvements biologiques de plage sont indiqués par la lettre Pb suivie du numéro de station; les prélèvements biologiques effectués en mer (bennes) sont indiqués par les lettres B suivies du numéro de station; les

forages ou sondages effectués par le ministère des Transports sont indiqués par la lettre F suivie du numéro du sondage.

5.2.1 La zone intertidale (estran)

5.2.1.1 Relevés biologiques sur les profils de plage

Du profil P24 au profil P32, la plage est bordée par une falaise, avec à son pied, un ancien muret de soutènement en bois à la station Pb26 et un enrochement depuis la station Pb28 jusqu'à Pb32. La plage est constituée d'une bande de galets sur 5 à 10 m et de roches au niveau de l'enrochement. Le substratum rocheux affleure par endroit. Dans l'eau, les roches sont recouvertes par du Fucus (*Fucus platycarpus*), de la mousse d'Islande (*C. crispus*), des littorines (*L. littorea*) et des moules (*Mytilus edulis*). À partir de la station Pb32, du sable apparaît en bas de plage et à marée basse, une petite barre sableuse de déferlement se découvre, elle est séparée de la plage par un chenal de 2 m de largeur.

Les profils P33 et P34 sont caractérisés par une large zone de végétation entre la route 132 et la plage. La station P34 est située à proximité de la rivière Petite Bonaventure qui longe la plage sur environ 20 m et dont l'embouchure se situe à 300 m à l'ouest du profil P35. La zone de végétation est bordée par une bande de sable et galets de 10 à 15 m dans laquelle apparaissent des lentilles de graviers, puis par une plage de galets d'environ 10 m de largeur qui se poursuit jusque dans l'eau. Séparée par un bras d'eau, la barre sableuse décrite précédemment apparaît à marée basse. Des littorines sont présentes sur les roches à découvert.

La station P34 située à 300 m à l'ouest du profil P35, à l'embouchure de la rivière, se découvre sur environ 35 m à marée basse. Le haut de plage est bordé par des habitations, il est constitué de sable vaseux. La rivière découpe cette plage par deux chenaux séparés par une barre sablo-graveleuse. Au-delà du second chenal, la zone découverte est constituée de galets. De nombreux oiseaux limniques sont observables à cet endroit. Par la suite, entre le profil P35 et la plage municipale de Saint-Siméon, située à 100 m à l'est de ce profil, un muret en bois borde la plage et des épis y sont plantés. La plage est composée de sable fin et de graviers, puis d'une bande de gros galets (10 cm de diamètres) sur un fond silteux; ce dernier est colonisé par quelques pieds de zostères. Le faciès s'arrête et est remplacé par un faciès sableux.

Depuis le profil P41 jusqu'au profil Pb47, le haut de plage est bordé par un enrochement. La plage est composée principalement de galets, de roches et d'un peu de sable. Au niveau de la station Pb44b de Bonaventure, un enrochement a été construit en demi-lune et au niveau du profil P44 apparaît un ancien quai, dont il ne reste que deux murets de bois. Sur la plage sableuse, située en avant de ce quai, quatre épis y ont été plantés.

Depuis le profil Pb47b jusqu'au profil P51 la plage est relativement homogène, avec une proportion croissante de sable vers le P50, situé au niveau de la plage de Bonaventure. La plage est constituée par une bande sablo-graveleuse suivie d'une bande de graviers et roches se poursuivant jusqu'à la limite de la marée basse. Les reconnaissances effectuées en plongée montrent qu'à la suite de ces graviers et galets, une bande de sable est présente (elle se découvre à marée basse). Plus loin, les sédiments sont composés de sable et graviers, avec des

herbiers de zostères dispersés. La plage dans cette zone est délimitée par des épis de bois. Au profil 51, un ancien quai érodé s'est transformé en une île de galets en forme de T qui se découvre à marée basse.

a) Diversité des espèces

Le groupe des polychètes est le groupe le plus présent aux stations Pb30 à 44, de 47 % (station Pb44) à 75 % Pb30. À la station Pb49, les deux groupes importants (33 %) sont les polychètes et les gastéropodes. Les bivalves représentent 9 (station Pb41) et 33 % (station Pb35) de la faune récoltée et les crustacés de 4 (station Pb44) à 27 % (station Pb41).

Tableau 5.3 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés aux profils de plages de Saint-Siméon – Bonaventure

Les abréviations *sp.*, *%sp.*, *Ab.*, et *%Ab* correspondent respectivement au nombre d'espèces recensées par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance des individus de chaque espèce et au pourcentage d'abondance des individus de chaque espèce par rapport à l'abondance totale des individus.

Stations	Pb3 0				Pb3 3				Pb3 5.b				Pb3 5.c			
	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%
Polychètes	3	75	6	25	4	57.1	2.3	30.3	3	60	2.33	53.8	3	50	66	93.4
Gastéropodes	0	0	0	0	1	14.3	0.3	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalves	1	25	18	75	1	14.3	3.7	48.7	1	20	1	23.0	2	33.3	4.3	6.1
Crustacés	0	0	0	0	1	14.3	1.3	17.1	1	20	1	23.1	1	16.6	0.3	0.4
Echinodermes	0	0	0	0	1	14.3	0.3	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Poissons	0	0	0	0	1	14.3	0.3	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4		24		7		7.6		5		4.3		6		71	

Stations	Pb4 1				Pb4 4				Pb4 9			
	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%
Polychètes	6	54.5	15	39.1	3	47.6	8	47.1	2	33.3	2.7	9
Gastéropodes	1	9.1	1.7	4.4	1	15.9	0.7	4.1	2	33.3	1.3	4.33
Bivalves	1	9.1	12	31.3	2	31.7	8	47.1	1	16.7	25	83.3
Crustacés	3	27.3	9.7	25.3	0.3	4.7	0.3	1.7	1	16.6	1	3.33
Echinodermes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poissons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11		38.4		6.3		17		6		30	

Les échinodermes et les poissons ne sont présents qu'à une seule station, la station 33 et ils représentent chacun 14 % des espèces.

b) Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. Les stations Pb30, Pb33 et Pb49 sont dominées par les bivalves, dont l'espèce la plus abondante est *Mya arenaria* (respectivement 75 et 24 %). Les stations Pb35.b, Pb35.c, Pb41, Pb44 et Pb49 sont dominées par les polychètes, de 39 à 93 %. À la station 35.2, le polychète *Capitella capitata* représente 38 % des espèces, tandis qu'aux stations Pb35.c, Pb41 et Pb43 c'est *Nereis diversicolor* qui est dominant (24 à 89 %). À la station Pb44, les polychètes et les bivalves représentent chacun 47 % des espèces. Les

polychètes sont dominés par *Nereis diversicolor* (35 %) et les bivalves par *Macoma balthica* (25,5 %) et *Mya arenaria*. (21,6 %). À la station Pb49 les bivalves sont dominés par *Mya arenaria* (83,5 %).

5.2.1.2 Marais de Saint-Siméon, bas de plage

La plage du marais de Saint-Siméon est constituée d'argile et de galets. Le marais est constitué d'un herbier de zostères délimité vers le large par une barre sableuse.

a) Diversité des espèces

Le groupe des polychètes est dominant aux stations M1b et M3, il constitue 80 et 54,5 % des taxons à ces stations. À la station M1, l'abondance des polychètes et des bivalves est représentée par le même nombre d'espèces. Ils représentent chacun 42,9 % des groupes à cette station. À la station M2 ce sont les bivalves qui sont dominants (42,8 %).

Tableau 5.4 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans le marais de Saint-Siméon

Les abréviations *sp.*, %*sp.*, *Ab.*, et %*Ab* correspondent respectivement au nombre d'espèces recensées par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance des individus par espèce et au pourcentage d'abondance des individus constituant chaque espèce par rapport à l'abondance totale des individus.

Stations	M1				M1b				M2				M3			
	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%	sp.	%	Ab	%
Polychètes	3	42.9	10	53.8	4	80	64	99.5	2	40	21	48.8	6	54.5	23	75.1
Gastéropodes	1	14.3	0.3	1.6	1	20	0.3	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalves	3	42.9	8.3	44.6	0	0	0	0	3	60	22	51.2	3	27.2	6.3	20.5
Crustacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	18.1	1.3	4.2
Échinodermes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poissons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7		18.6		5		64		5		43		11		31	

b) Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. Les polychètes sont dominants aux stations M1, M1b et M3 et ils représentent de 53 à 99 % des espèces. L'espèce dominante est *Nereis diversicolor* aux stations M1 et M1b, tandis qu'à la station M3 c'est le polychète *Capitella capitata* qui est dominant. À la station M2, les bivalves sont dominants en terme d'abondance et l'espèce dominante est le bivalve *Mya arenaria* (75%).

La densité des myes a été évaluée à environ 20 m du niveau d'eau le plus bas, en face de ces stations, soit entre 50 et 70 cm sous le niveau géodésique. La densité la plus importante de ce bivalve, 47 ind./m², est retrouvée en face de la station M2 tandis que la densité la plus faible, 12,8 ind./m² est trouvée en face de la station. La densité à la station M1, située entre la station M2 et M3, est de 31,6 ind./m².

5.2.1.3 Marais de Saint-Siméon, herbier de Zostères

Les transects effectués dans l'herbier de zostères montrent (tableau 5.5) que les principaux organismes retrouvés sont des polychètes, principalement les Nephtyidae et les Nereidae, ainsi que les crustacés (*Idotea balthica* et *Corophium benelli*).

Tableau 5.5 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés dans l'herbier de zostères du marais de Saint-Siméon

Genre	Espèces	M1	M1b	M2	M3
Polychètes	<i>Capitella capitata</i>	1,7	12,2	10,2	34,1
	<i>Nephtys caeca</i>	1,7	0,5	-	-
	<i>Nereis diversicolor</i>	50,8	84,6	38,3	29,7
	<i>Polydora cf antennata</i>	-	0,5	-	3,3
	<i>Spio sp.</i>	-	-	-	5,4
Gastéropodes	<i>Littorina littorea</i>	1,7	2,0	-	-
Bivalves	<i>Macoma Calcareia</i>	29,8	-	18,0	1,1
	<i>Mya arenaria</i>	10,5	-	28,9	16,5
	<i>Mytilus edulis</i>	3,5	-	4,6	3,3
Crustacés	<i>Idotea balthica</i>	-	-	-	3,3
	<i>Corophium benelli</i>	-	-	-	1,1

5.2.1.4 Zone côtière

a) Diversité des espèces

Aux stations B1 à B3, B5 à B7, B9 à B11, B13 à B15 et B17 à B20 aucun prélèvement n'a pu être effectué. En effet, ces stations étaient situées soit dans des zones rocheuses, soit dans des champs de laminaires ou des herbiers de zostères. Les stations échantillonnées (tableau 5.6) : les stations B4, B8, B12, B16 et B21 à B25, sont toutes localisées dans des zones de sable fin. Les polychètes sont dominants en terme d'espèces à chacune de ces stations et ils représentent 25 (station B21) à 75 % (station B23) des espèces échantillonnées. Pour les autres groupes taxonomiques, les crustacés représentent de 10 (station B12) à 23 % (station B4) des espèces, les échinodermes, 5 (station B4) à 25 % (station B21), et les bivalves 6 (station B16) à 33 % (station B24).

b) Abondance des espèces

En terme d'abondance relative (annexe 3), les polychètes sont dominants, 70,8 à 84,3 %, aux stations B4, B8 et B16. Le spionidae *Prionospio steenstrupi* est dominant aux stations B4 et B8 (32 et 19 %), tandis que le spionidae *Spiophanes bombyx* est dominant aux stations B12 et B22 à B25 (7 à 33 %). La station B16 est dominée par le polynoidae *Harmathoe imbricata* (20 %). La station B21 n'est représentée que par une seule annélide polychète : *Nephtys discors* (7 %).

Tableau 5.6 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Saint-Siméon – Bonaventure

Les abréviations *sp.*, *%sp.*, *Ab.*, et *%Ab* correspondent respectivement au nombre d'individus recensés par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance de ces espèces et au pourcentage d'abondance de ces espèces par rapport à l'abondance totale des espèces.

Stations	B4				B8				B12				B16			
	Sp.	%sp.	Ab	%Ab												
Polychètes	10	58,8	25	70,8	16	48,5	73	75	5	50	17	36,5	10	66,7	14	84,3
Chitons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6,67	0,3	1,81
Gastéropodes	0	0	0	0	3	9,09	3,3	3,39	1	10	0,7	1,5	0	0	0	0
Bivalves	2	11,8	1,7	4,82	6	18,2	9,7	9,97	1	10	25	53,6	1	6,67	1,3	7,83
Crustacés	4	23,5	8,3	23,5	6	18,2	8,3	8,53	1	10	0,3	0,64	2	13,3	0,7	4,22
Echinodermes	1	5,88	0,3	0,85	2	6,06	3	3,08	1	10	3,3	7,08	1	6,67	0,3	1,81
Poissons	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0,3	0,64	0	0	0	0
Total d'abondance des espèces ou organismes	17 35				33 97				10 47				15 17			
Stations	B21				B22				B23				B24			
	Sp.	%sp.	Ab	%Ab												
Polychètes	1	25	1,7	7,49	5	71,4	3,7	21,8	6	75	6,7	14,3	2	66,7	5,3	40,8
Chitons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastéropodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalves	1	25	20	88,1	1	14,3	13	76,5	1	12,5	38	80,9	1	33,3	7,7	59,2
Crustacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinodermes	1	25	0,7	3,08	0	0	0	0	1	12,5	2,3	4,89	0	0	0	0
Poissons	1	25	0,3	1,32	1	14,3	0,3	1,76	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4 23				7 17				8 47				3 13			
Stations	B25															
	Sp.	%sp.	Ab	%Ab												
Polychètes	3	75	6,7	35,8												
Chitons	0	0	0	0												
Gastéropodes	0	0	0	0												
Bivalves	1	25	12	64,2												
Crustacés	0	0	0	0												
Echinodermes	0	0	0	0												
Poissons	0	0	0	0												
Total	4 19															

La station B12 et les stations B21 à B25 sont dominées par une espèce de bivalve *Spisula sp.*, représentant de 53 à 88 % des organismes récoltés à ces stations. Cette espèce est également dominante aux stations B4 et B8.

Les crustacés représentent jusqu'à 23 % des organismes échantillonnés aux stations B4, B8, B12 et B16. À la station B4 où ils représentent 23 % des organismes, l'espèce dominante est l'amphipode *Corophium bonelli* (13 %). Les crustacés sont totalement absents aux stations B22 à B25.

Les échinodermes représentent moins de 10 % des organismes. Ils sont présents aux stations B4, B8, B12, B16, B21 et B23. *Echinarachnius parma* ou Dollars des sables est dominant aux stations B12, B16, B21 et B23. L'étoile de mer *Henricia sanguinolea* est retrouvée à la station B4. À la station B12 se sont des ophiures qui sont dominantes.

Le poisson *Ammodytes americanus* est présent aux stations B12, B21, B22 et B23 (1 % et moins). Les gastéropodes ne sont présents qu'aux stations B8 et B12 et l'espèce majoritaire est *Nassarius trivittatus*.

5.3 SITE DE NEWPORT

5.3.1 Zone intertidale (estran)

La plage de l'anse de Newport est constituée d'une bande de sable fin suivie d'une large bande sablo-graveleuse. Les sédiments prélevés dans la moitié est de la baie (figure 5.3), sur le profil 51 étaient principalement composés de graviers et sable, tandis que pour la moitié ouest, profils 52 et 53, située sous l'enrochement, les sédiments étaient constitués de galets, graviers et roches provenant de l'enrochement. Aucun échantillon n'a été prélevé dans cette partie. En plongée, la plage est prolongée par une bande sableuse de 150-200 m.

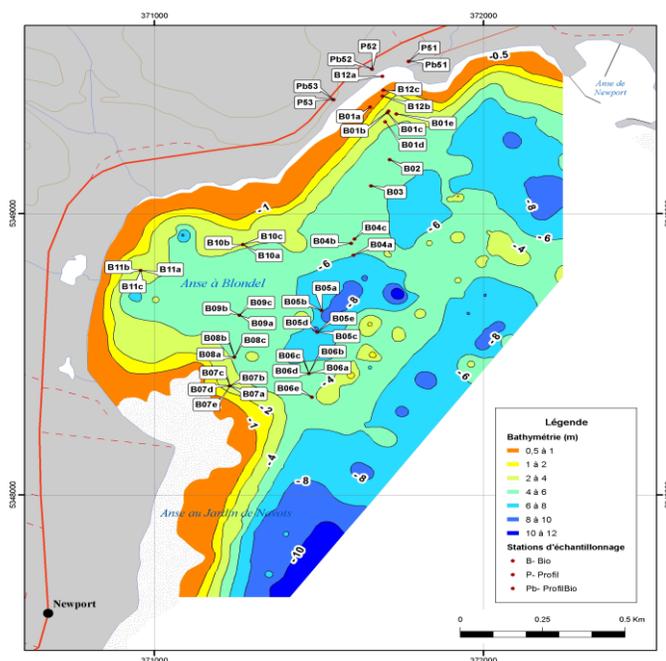


Figure 5.3 : Prélèvements biologiques à Newport

La station Pb51 était située à proximité d'une sortie d'égout dont le tuyau était entouré de roches sur lesquelles on retrouvait de nombreuses littorines ainsi que du fucus. En plongée,

dans l'axe de cette station et dans les roches provenant de l'enrochement du tuyau, un homard a été observé.

Les polychètes sont dominants en terme d'espèces à la station Pb51, tandis qu'à la station Pb52 ce sont les crustacés qui dominent (tableau 5.7).

En terme d'abondance, les crustacés sont dominants aux stations Pb51 et Pb52 et sont principalement représentés par le gammaridé *Gammarus oceanicus* (47 et 100 %). Les polychètes sont principalement représentés par l'espèce *Capitella capitata* (17,6 %).

Tableau 5.7 : Abondance relative des organismes échantillonnés sur les profils de plage de Newport

Les abréviations sp., %sp., Ab., et %Ab correspondent respectivement au nombre d'individus recensés par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance de ces espèces et au pourcentage d'abondance de ces espèces par rapport à l'abondance totale des espèces.

Stations	Pb51				Pb52			
	Sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Polychètes	3	42.9	1.7	29.8	0	0	0	0
Bivalves	2	28.6	0.7	12.3	0	0	0	0
Crustacés	2	28.6	3.3	57.9	1	100	0.7	100
Total	7		5.7		1		0.7	

5.3.2 Zone Côtière

a) Diversité des espèces

Les stations B5 à B8 étaient situées dans des zones rocheuses où dans des champs de laminaires (annexe 2), aucun échantillon n'a donc été prélevé à ces stations. Cependant, aux stations B6, B7 et B8, des spécimens d'oursin commun, *Strongylocentrotus droebachiensis*, ont été récoltés. Les stations échantillonnées, soit les stations 1 à 4, et les stations 9 à 12, sont localisées dans des zones de sable fin.

Les Polychètes sont dominants en terme d'espèces aux stations 1, 2 et 3 où ils représentent 36 à 40 % des espèces. Aux stations 4 et 9 à 12, les crustacés représentent le taxon dominant, de 33 à 46 %. Les bivalves représentent 15 (station 4) à 33 % (station 11) des espèces échantillonnées, les échinodermes 5 (station 9) à 10 % (station 4) et les gastéropodes 6 (station 2) à 15 % (station 12). Les poissons ne sont présents qu'aux stations 9 et 10 où ils représentent respectivement 5 et 7 % des espèces échantillonnées.

b) Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. Le groupe taxonomique des bivalves est le mieux représenté et domine en terme d'abondance. Ils représentent de 67 à 88 % des

organismes récoltés. (tableau 5.8) Le bivalve *Spisula sp.* est dominant aux stations B1, B4, B11 et B12, de 47 à 73 %, tandis qu'aux stations B2, B3, B9 et B10, c'est le bivalve *Tellina agilis* qui est dominant, de 45 à 77 %.

Pour les polychètes, le spionidae *Spiophanes bombyx* est dominant à toutes les stations échantillonnées où il représente 2 à 15 % des espèces échantillonnées (annexe 3). Parmi les crustacés, c'est l'amphipode *Psammonyx nobilis* qui domine aux stations B1 à B3 et B10 à B11, de 2 à 5 %. Aux stations B4 et B9 c'est l'isopode *Edotea sp.* qui domine, représentant 0,4 à 1 % des crustacés. Les bivalves sont majoritairement représentés par l'espèce *Nassarius trivittatus* (1 à 11 %).

Tableau 5.8 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Newport

Les abréviations sp., %sp., Ab., et %Ab correspondent respectivement au nombre d'individus recensés par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance de ces espèces et au pourcentage d'abondance de ces espèces par rapport à l'abondance totale des espèces.

Stations	B1				B2				B3				B4			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Hydrozoaires	1	9,09	0,3	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polychètes	4	36,4	25	14,4	6	40	17	9,68	7	38,9	40	15,5	6	30	20	12,7
Gastéropodes	1	9,09	7	4,04	1	6,67	1,3	0,74	2	11,1	2	0,78	2	10	13	8,26
Bivalves	2	18,2	130	75	3	20	147	83,7	3	16,7	198	76,7	3	15	108	68,7
Crustacés	3	27,3	11	6,35	4	26,7	7,7	4,38	6	33,3	18	6,98	7	35	15	9,54
Echinodermes	0	0	0	0	1	6,67	2,7	1,54	0	0	0	0	2	10	1,3	0,83
Poissons	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de diversité ou d'abondance des espèces	11		173		15		176		18		258		20		157	
Stations	B9				B10				B11				B12			
	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab	sp.	%sp.	Ab	%Ab
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polychètes	5	27,8	14	4,69	3	21,4	14	2,49	3	25	16,3	17,5	4	30,8	12	14
Gastéropodes	2	11,1	11,7	3,92	1	7,14	15	2,66	0	0	0	0	2	15,4	9,7	11,3
Bivalves	3	16,7	248	83	4	28,6	498	88,5	4	33,3	66	71	1	7,69	58	67,4
Crustacés	6	33,3	19,7	6,59	5	35,7	26	4,62	5	41,7	10,7	11,5	6	46,2	6,3	7,33
Echinodermes	1	5,56	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poissons	1	5,56	2,33	0,78	1	7,14	10	1,78	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	18		299		14		563		12		93		13		86	

Les échinodermes représentent moins de 2 % des organismes, aux stations B2, B4 et B9 et ils sont représentés par *Echinarachnius parma* ou Dollars des sables. Le poisson *Ammodytes americanus* est présent aux stations B9 et B10 (1 et 2 %).

5.4 CAP-D'ESPOIR

5.4.1 Zone intertidale(estran)

a) Relevés biologiques sur les profils de plage

La zone étudiée à Cap-d'Espoir est divisible en deux zones. La première zone comprend la plage de Cap-d'Espoir, le chaînage 0, le chaînage 500 et le chaînage 3000, où la plage est constituée par une bande de galets de 10 m suivie d'une bande sableuse de 10 m. Le bas de plage est composé de petits galets, sable et graviers. La largeur de la plage diminue vers le chaînage 500. Au niveau du chaînage 0, le haut de plage est enroché. Les chaînages 0, 500 et 3000 sont bordés par les falaises de Cap-d'Espoir (10-15 m de haut). Au niveau du chaînage 500, le platier rocheux est découvert à marée basse et est couvert de mousse d'Islande (*Chondrus crispus*) et de fucus (*Fucus platycarpus*) et de petites moules (*M. edulis*). Des laminaires sont présentes à l'extrémité du platier.

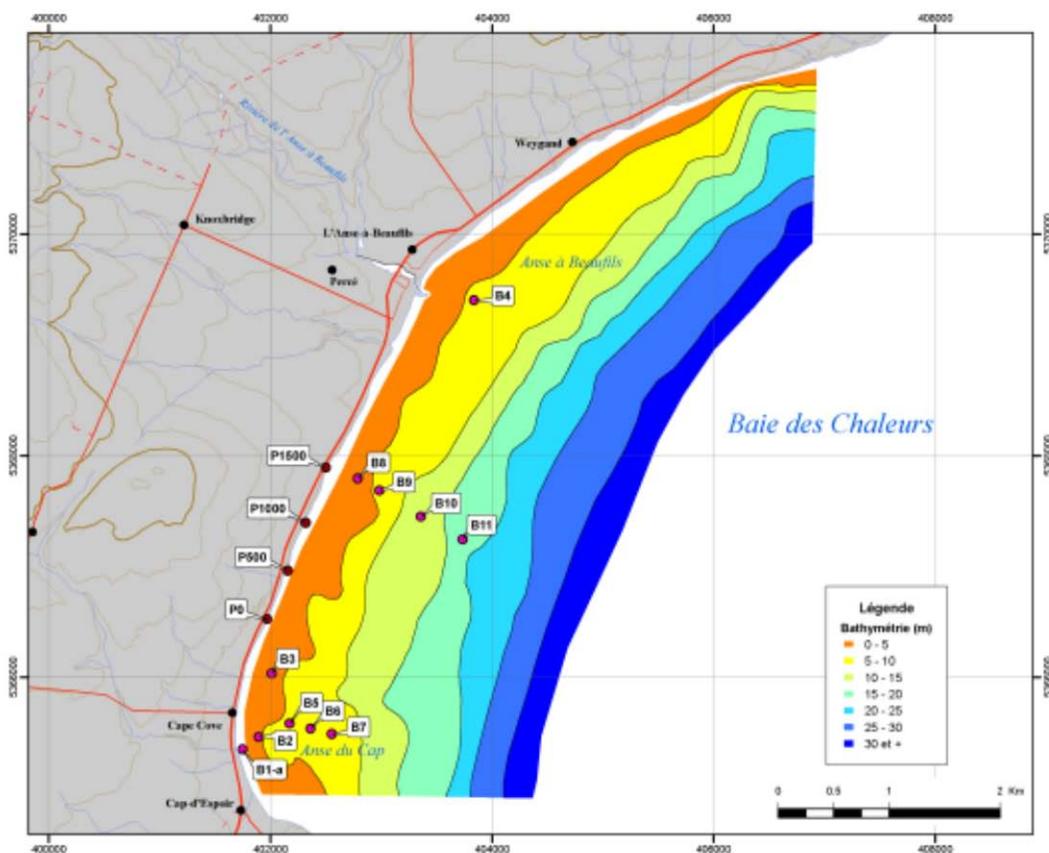


Figure 5.4 : Prélèvements biologiques Cap-d'Espoir

Des empierrements ont été placés dans l'anse du Cap, au nord de la station B1b sur 300 m et ponctuellement en pied de falaise au nord de P0 sur 50 m et au sud du profil P500 sur 50 m. Ces enrochements ont pour but d'augmenter la quantité de blocs en pied de falaise afin de réduire l'érosion de cette dernière. Les stations biologiques sont notées par B suivit d'un numéro.

b) Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. Aucun organisme n'a été retrouvé dans les échantillons prélevés sur les profils de plage, les sédiments étant principalement composés de sable et graviers (annexe 2), de roches ou de platier rocheux. Les platiers rocheux sont colonisés par différentes sortes d'algues telles que la mousse d'Islande, *Chondrus crispus*, des laminaires et l'Ulve *Ulva lactuca*. De nombreuses zones à petites moules ont été observées sur ces platiers ainsi que des oursins verts, *Strongylocentrotus droebachiensis*.

5.4.2 Zone côtière (avant-plage)

a) Diversité des espèces

Sur la zone de Cap d'Espoir, 15 stations ont été effectuées mais seulement 8 stations ont pu être analysées au niveau de la faune. En raison de la nature rocheuse du substrat aux stations B6 et B1 aucun échantillon n'a été prélevé. Les stations échantillonnées, soit les stations B2, B4, B5, B7, B8, B9, B10 et B11 sont localisées dans des zones de sable moyen (annexe 2). La station B4 est située à la sortie du port de l'Anse-à-Beaufils dans une zone de dépôt des dragages du port.

Les polychètes sont dominants aux stations B4, B5, B9, B10 et B11 où ils représentent 33 à 42 % des espèces. Aux stations 47 et B2, les crustacés représentent le taxon dominant soit respectivement 33 et 35 % des espèces. Les bivalves sont dominants à la station Cebio130 et ils représentent 42 % des espèces échantillonnées (tableau 5.9).

Les gastéropodes représentent de 5 à 14 % des espèces échantillonnées, de même que les échinodermes. Les poissons ne sont présents qu'aux stations B2 et B9, 7 et 5 % (tableau 5.9).

b) Abondance des espèces

L'ensemble des données est présenté annexe 3. En terme d'abondance, les bivalves sont dominants aux stations, B2, B4, B5, B7, B8 et B9. Ils sont majoritairement représentés par l'espèce *Tellina agilis*, de 26 à 97 %. À la station B10, ce sont les crustacés qui dominent et ils sont représentés par l'isopode *Edotea* sp. (25 %). Les Échinodermes constituent 64 % des individus récoltés à la station B11 et il s'agit principalement d'*Echinarachnius parma* (58 %). Le poisson, *Ammodytes americanus*, et le gastéropode, *Nassarius trivittatus*, représentent moins de 3 % des organismes échantillonnés.

Tableau 5.9 : Diversité et abondance relative des groupes des organismes échantillonnés à Cap- d'Espoir

Les abréviations sp., %sp., Ab., et %Ab correspondent respectivement au nombre d'individus recensés par genre, au pourcentage de présence de ces espèces par rapport aux espèces de tous genres, à l'abondance de ces espèces et au pourcentage d'abondance de ces espèces par rapport à l'abondance totale des espèces.

Stations	B5				B7				B2				B8			
	sp.	%sp	Ab	%Ab	sp.	%sp	Ab	%A b	sp.	%sp	Ab	%A b	sp.	%sp	Ab	%A b
Polychètes	8	42,1	16	1,539	4	26,7	5,7	4,81	2	14,3	2	0,77	1	14,3	1	7,52
Gastéropodes	1	5,26	0,3	0,029	1	6,67	0,7	0,59	1	7,14	0,3	0,12	1	14,3	0,3	2,26
Bivalves	4	21,1	989	95,1	3	20	66	55,7	4	28,6	252	97,4	3	42,9	8	60,2
Crustacés	5	26,3	34	3,269	5	33,3	32	27	5	35,7	3,3	1,28	2	28,6	4	30,1
Échinodermes	1	5,26	0,67	0,064	2	13,3	14	11,8	1	7,14	0,3	0,12	0	0	0	0
Poissons	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7,14	0,7	0,27	0	0	0	0
Total d'abondance ou de diversité des espèces	19		1040		15		118		14		259		7		13	
Stations	B9				B10				B11				B4			
	sp.	%sp	Ab	%Ab	sp.	%sp	Ab	%A b	sp.	%sp	Ab	%A b	sp.	%sp	Ab	%A b
Polychètes	6	33,3	6,7	7,283	9	39,1	11	18,4	6	40	3,3	15,3	7	38,9	11	1,44
Gastéropodes	0	0	0	0	1	4,35	0,3	0,5	1	6,67	0,3	1,39	1	5,56	6,7	0,87
Bivalves	4	22,2	70	76,09	4	17,4	8,7	14,6	3	20	2,7	12,5	4	22,2	735	95,9
Crustacés	5	27,8	12	13,04	7	30,4	30	50,3	3	20	1,3	6,02	5	27,8	11	1,44
Échinodermes	2	11,1	3	3,261	2	8,7	9,7	16,2	2	13,3	14	64,8	1	5,56	2,7	0,35
Poissons	1	5,56	0,3	0,326	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	18		92		23		60		15		22		18		766	

5.5 ANALYSES COMPLÉMENTAIRES EN BIOLOGIE

5.5.1 Estran

a) Maria

Les espèces dominantes, *Nereis diversicolor* et *Capitella capitata* sont caractéristiques de milieux sablo-vaseux riches en matière organique comme à l'embouchure des rivières. Ailleurs, le polychète *Nereis diversicolor* et l'amphipode *Gammarus oceanicus* sont associés aux peuplements rocheux.

b) Saint-Siméon – Bonaventure

La communauté boréo-atlantique à *Macoma balthica* est retrouvée dans l'herbier de zostères du marais, avec ses espèces représentatives : *Nereis diversicolor*, *Nephtys caeca*, *Mya arenaria* et *Macoma balthica*. Cette communauté est caractéristique d'un milieu sablo-vaseux (Desrosiers et Brêthes 1981). Un gradient ouest-est est observé dans la densité des myes : la densité la plus importante est retrouvée à la station 2 située à l'extrémité ouest (dans la zone fermée) du marais tandis que la densité retrouvée à la station 3 (à la sortie), située à l'extrémité est, est la plus faible. La station 1, située entre ces deux stations, a une densité intermédiaire.

Ailleurs, les polychètes *N. diversicolor* et *C. capitata* se retrouvent dans les zones riches en matière organique.

c) Newport

Les roches provenant de l'enrochement, vont constituer un environnement propice pour les homards (un observé en plongée). Ailleurs, la présence du polychète *Capitella capitata*, indicateur de milieu riche en matière organique (Bellan 1978), peut s'expliquer par le fait que la station 1 était située à proximité d'une sortie d'égout. Le tuyau était entouré de roches sur lesquelles on retrouvait de nombreuses littorines (*L. littorea*) ainsi que du fucus (*F. platycarpus*).

d) Cap-d'Espoir

Le bas de plage étant principalement composé de gravier, galets ou roches, il ne favorise pas la présence de polychètes. Par contre, on retrouve des espèces de substrats rocheux telles que littorines (*L. littorea*) ainsi que du fucus (*F. platycarpus*), des laminaires et des moules (*M. edulis*).

5.5.2 Comparaisons des stations de la zone côtière

L'analyse hiérarchique effectuée à partir de l'indice de Bray-Curtis indique la présence de deux regroupements majeurs (figure 5.5). Le premier correspond aux stations de Maria ainsi que les stations 8, 4 et 16 de Saint-Siméon - Bonaventure. Ce premier groupement se subdivise par la suite en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe comprend les stations de Maria et il est caractérisé pour les polychètes par *Prionospio steenstrupi* et *Scoloplos armiger*, pour les bivalves par *Macoma balthica* et pour les amphipodes par *Pontoporeia femorata* et *Leptocheirus pinguis*. Les stations échantillonnées à Maria sont caractérisées par la présence de némerthes. Le second sous-groupe est représenté par les stations 8, 4 et 16 de Saint-Siméon - Bonaventure. Ce groupement est principalement constitué par *Prionospio steenstrupi*, *Pectinaria hyperborealis*, *Scoloplos armiger* et *Harmathoe imbricata* pour les polychètes, *Spisula sp.* pour les bivalves, *Corophium bonelli* et *Maera danae* pour les amphipodes et *Chirodotea tuftsi* pour les isopodes. Ces espèces se retrouvent dans des sédiments sablo-vaseux graveleux.

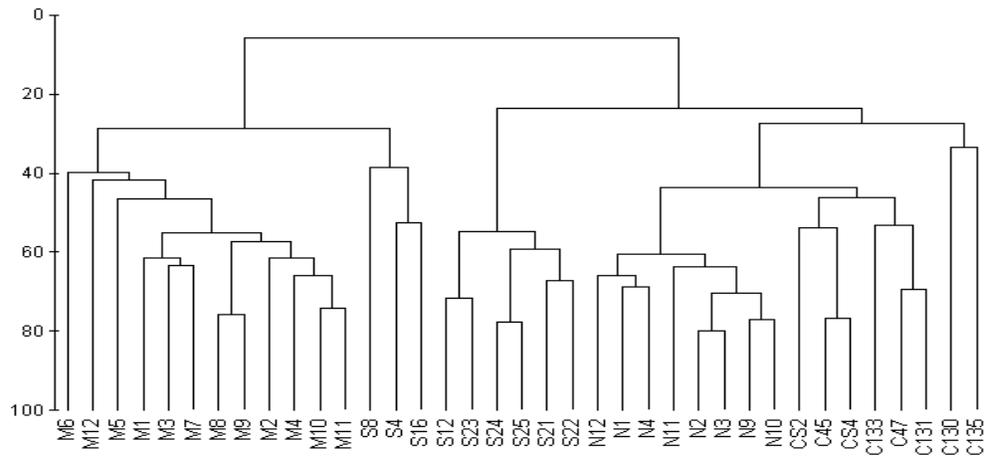


Figure 5.5 : Analyse hiérarchique effectuée à partir de l'indice de Bray-Curtis

Pour les stations échantillonnées dans la zone côtière de la baie des Chaleurs, à Maria (M), Saint-Siméon - Bonaventure (S), Newport (N) et Cap-d'Espoir (C et CS).

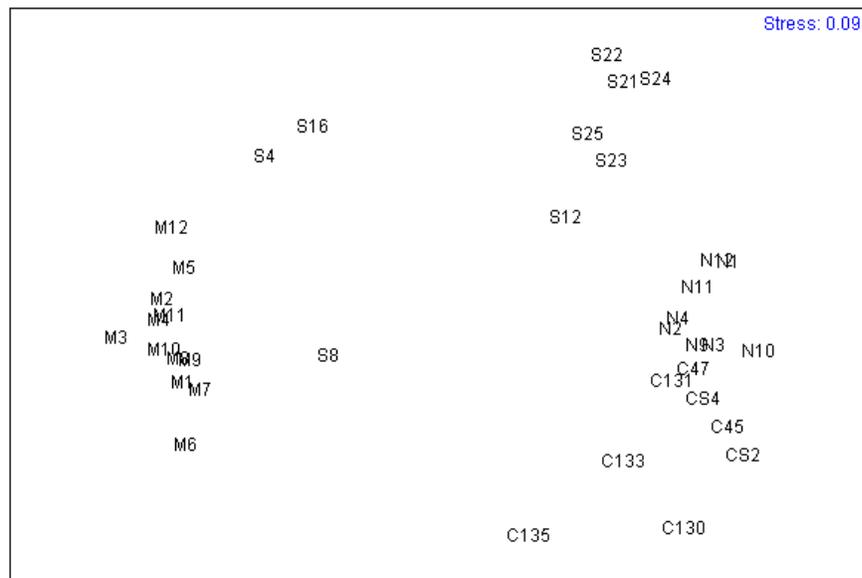


Figure 5.6 : Positionnement multidimensionnel des stations échantillonnées dans la baie des Chaleurs

Dans la zone côtière, à Maria (M), Saint-Siméon - Bonaventure (S), Newport (N) et Cap-d'Espoir (C et CS).

Le second groupement correspond aux stations 12, 21 à 25 de Saint-Siméon - Bonaventure, aux stations de Newport et de Cap-d'Espoir. Ce second groupement se subdivise en trois sous-groupes. Le premier sous-groupe regroupe les stations 12, 21 à 25 de Saint-Siméon - Bonaventure et il est caractérisé, pour les polychètes, par *Spiophanes bombyx* et *Nephtys discors*, pour les bivalves par *Spisula sp.* ainsi que par la présence de l'échinoderme *Echinarachnius parma* aux stations 12, 21 et 23. Le deuxième sous-groupe est constitué par les stations de Newport et les stations 45, 47, S2, 131 et S4 de Cap-d'Espoir. Ce groupement est caractérisé par les espèces *Spiophanes bombyx* et *Nephtys picta* pour les polychètes, *Spisula sp.* et *Tellina agilis* pour les bivalves, *Phoxocephalus holboli*, *Psammonyx nobilis* et *Harpinia propinqua* pour les amphipodes et *Edotea sp.* pour les isopodes ainsi qu'*Echinarachnius parma* pour les échinodermes. Le troisième sous-groupe est constitué par les stations 130, 133 et 135 de Cap-d'Espoir et est caractérisé par les espèces *Nephtys picta* pour les polychètes, *Spisula sp.* et *Tellina agilis* pour les bivalves, *Phoxocephalus holboli*, *Psammonyx nobilis* et *Harpinia propinqua* pour les amphipodes et *Edotea sp.* pour les isopodes ainsi qu'*Echinarachnius parma* pour les échinodermes. Les espèces comme *Psammonyx nobilis* et *Echinarachnius parma* sont des espèces caractéristiques des sables fins terrigènes (Ledoyer 1975).

La représentation en deux dimensions de la matrice de similitude avec l'indice de Bray Curtis, à l'aide du positionnement multidimensionnel (MDS, Fig. 5.6) montre bien, de la gauche vers la droite, la séparation des différents groupes et sous-groupes, en fonctions des stations sablo-graveleuse et vaseuse de Maria vers les stations de sable fin de Newport et Cap-d'Espoir.

6 SITE DE MARIA

6.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Le site de Maria se situe au nord-ouest de la baie des Chaleurs, sur la rive ouest de la baie de la Cascapédia dans la MRC d'Avignon. Il est limité à l'ouest par les falaises des Caps de Maria (à la hauteur de la rue Thibaudault) et à l'est par l'embouchure de la rivière Verte. Les falaises des Caps de Maria sont des falaises vives, faites d'alternances de lits argileux, sableux et de graviers (figure 6.1).

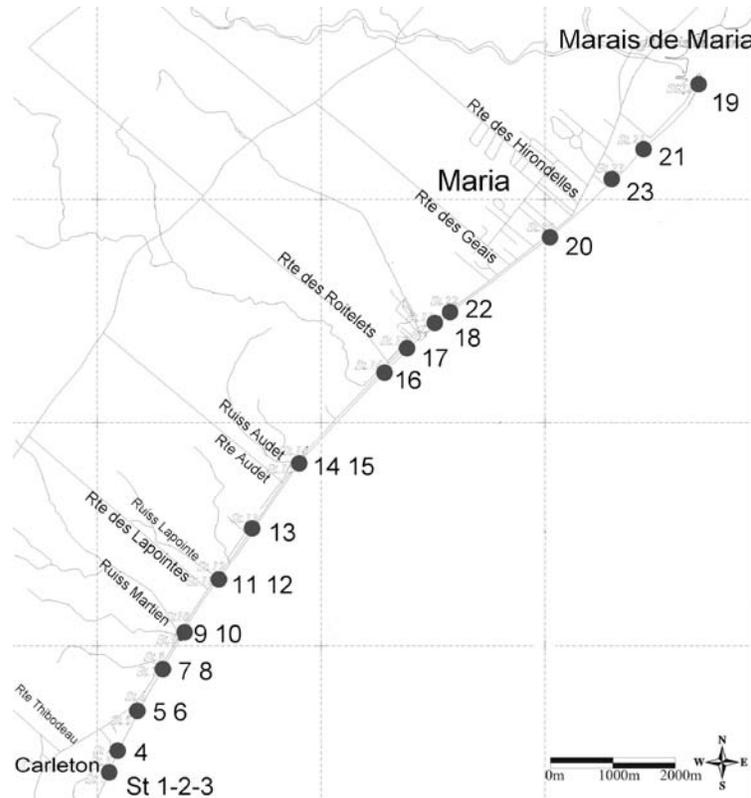


Figure 6.1 : Position des stations le long du site de Maria

Certains profils ont été effectués proche l'un de l'autre et un seul emplacement est indiqué sur la carte.

L'aspect chenalisé des couches laisse supposer que le système est un système deltaïque quaternaire incluant les phases deltaïques et prodeltaïques. La hauteur des falaises sur le site d'étude atteint au maximum 10 m. Les falaises montrent de nombreuses niches d'arrachement et loupes de glissement dont la partie glissée s'étend sur la plage. À l'est des falaises, la route 132 longe le bord de mer sur une distance de 7 km. Elle a été construite en remblais sur la plage. Depuis 1980, la route est soutenue par un mur en bois sur une distance de 3 658 m. Dernièrement, une zone d'empierrement a été ajoutée en urgence au pied du mur sur une longueur de 250 m au niveau du ruisseau Martien. À l'est du mur en bois, la plage des Goélands s'avance sur la mer. Au-delà de la plage au centre du village, un mur en béton protège la route. Dans le secteur où la route ne longe plus la côte, un certain nombre de

protections ont visiblement été construites par les riverains pour protéger leur terrain. Au milieu de ce secteur, se trouve un quai abandonné d'une cinquantaine de mètres de long (MTQ, 2001). La morphologie générale de la côte met en évidence une arrière-plage généralement inexistante, excepté dans les environs immédiats de la plage des Goélands, où le couvert végétal est relativement stable. Le haut de plage est peu étendu (figure 6.2). Il est inexistant au centre du village. Les laisses observées, tout le long du site, montrent qu'à marée haute, l'eau couvre l'ensemble de la plage, comme le démontre la présence de petits deltas à l'embouchure des différents cours d'eau.

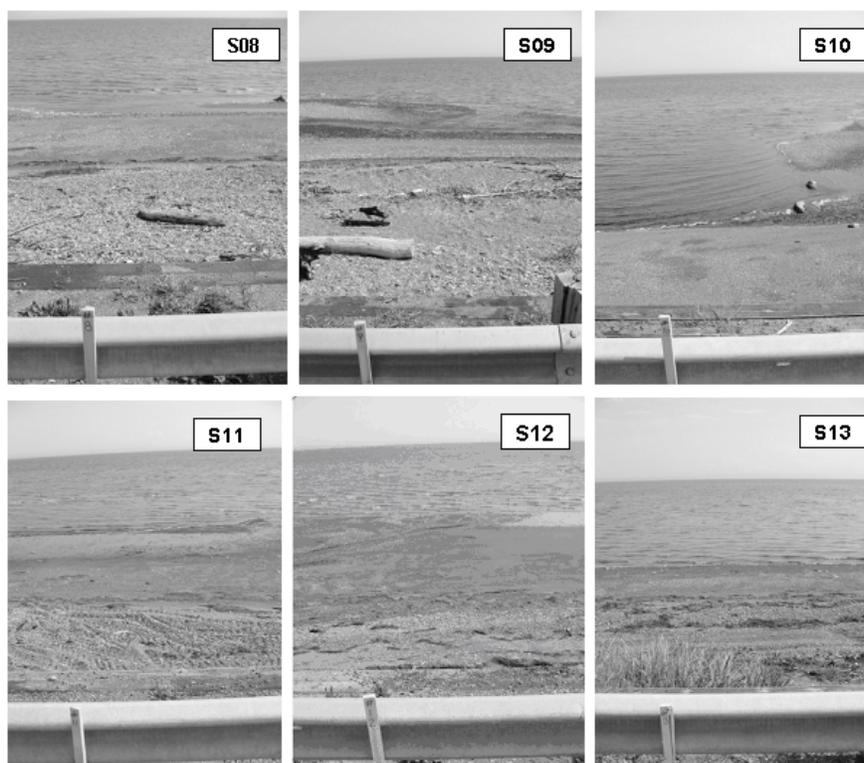


Figure 6.2 : Différents types de plage le long du littoral de Maria

Le numéro présent sur les photographies se réfère au numéro de stations de la figure 6.1.

6.2 CADRE GÉOLOGIQUE

L'environnement géologique est constitué de deux formations distinctes, le substratum rocheux et les formations quaternaires. Des exemples de relevés géophysiques font l'objet des figures 6.1 à 6.3.

6.2.1 Le substratum rocheux

Le substratum rocheux n'apparaît pas au niveau du littoral mais il est sous-jacent, proche de la surface et contrôle la morphologie du littoral. Il est constitué par les formations du Permo-Carbonifère qui affleure le long du littoral à l'est de New-Richmond. Les roches constituant cette formation sont des roches horizontales formées de clastites grossières de couleur rouge

(conglomérats, grès, siltstones et mudstones). Ces formations forment le soubassement de l'avant-côte et sont toujours présentes sur les relevés de sismique réflexion (figure 6.4). Elles sont situées soit en surface soit sont recouvertes par les terrains Quaternaires. Elles ont été érodées durant les différentes phases régressives et présentent les cicatrices des anciennes vallées fluviales mises en place durant les différentes baisses de niveau marin ou durant les bas niveaux marins. Les cicatrices les plus profondes qui sont observées sur les différents enregistrements mettent en évidence que le dernier bas niveau marin ne devait pas être plus bas que 15 mètres. Cette dernière valeur semble même être surestimée car elle correspond à l'entaille maximale de l'érosion dans le substratum rocheux. De manière générale le substratum rocheux devient de plus en plus profond en s'éloignant vers le large. Ceci est dû non pas à un plongement des couches vers le large mais à une érosion du système durant des périodes aériennes antérieures.

6.2.2 Les sédiments de régression

Les sédiments du système de haut niveau marin et de régression forcée sur une rampe sont caractérisés par des sédiments mis en place en période de fonte. Ces sédiments sont donc des dépôts qui ont formé une couche grossière de dépôt proximal puis par la suite, des dépôts prodeltaïques distaux qui forment des couches drapantes. Ces couches se sont mises en place par décantation et ne tiennent pas compte de la morphologie de l'encaissant sous-jacent. Les matériaux sont stratifiés et doivent correspondre aux sédiments de Golthwaith qui affleurent le long de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent. Leur épaisseur peut atteindre près de 15 m par endroit et est généralement de l'ordre de 5 à 10 m d'épaisseur.

Ces sédiments ont été érodés durant la période de régression forcée comme en témoigne les vallées qui apparaissent dans ces sédiments. Les cicatrices d'érosion ne dépassent pas 10 mètres de profondeur ce qui suggère que la régression n'ait pas atteint une profondeur plus grande que cette valeur.

Les sédiments stratifiés n'affleurent jamais au fond de la mer. Leur partie sommitale a toujours été érodée et elle est recouverte par le cortège sédimentaire transgressif. Par contre, à terre, ils forment les talus situés au sud-ouest de la zone d'étude. Ils correspondent dans cette zone, à des sédiments stratifiés fins dans lesquels la fraction sableuse ne dépasse pas 10 % du total. Cette fraction se retrouve sous forme de lits sableux qui correspondent aux parties distales d'écoulements sableux mis en place durant des transports de masse sous l'effet des glissements de terrain. Ces lits sont intercalés dans des lits silto-argileux. Cette alternance reflète l'hétérogénéité des apports sédimentaires durant cette période. Des galets sont parfois insérés dans cette matrice fine, ils correspondent aux pierres de délestage des glaces flottantes comme celles qui se retrouvent tout au long de l'estuaire du Saint-Laurent.

À partir des sondages stratigraphiques effectués lors de la protection de la route 132 à l'ouest de la rampe de mise à l'eau, sur 1350 m, par Cloutier (2003a) il est possible de déterminer la stratigraphie des sédiments régressifs. Ces 14 sondages, de plus de 10 m de profondeur, n'ont pas atteint le substratum rocheux. Néanmoins, ils mettent en évidence la présence de deux faciès sédimentaires et dans de nombreux cas de trois faciès. Les deux principaux sont à la base, les sédiments fins (argiles et silts) prodeltaïques qui sont surmontés par les sables deltaïques (tableau 6.1). Les 9 premiers sondages, situés à l'est, montrent un faciès grossier à

la base de la colonne sédimentaire. Ce faciès doit correspondre au faciès périglaciaire dit de fusion proximale qui s'est mis en place dès la fin de la glaciation ou même en position sous glaciaire. Ce faciès se retrouve au large sur les enregistrements de sismique réflexion. Un autre faciès apparaît au niveau des carottes 12, 13 et 14. Il est situé entre les sédiments prodeltaïques et les sédiments grossiers. Il correspond à un faciès de chenal, fortement organique, mis en place durant la régression marine, avant la progradation du faciès sableux progradant. La surface d'érosion des sédiments prodeltaïques de régression est située entre les cotes de 0,17 m et - 0,12 m. Cette surface d'érosion peut être déformée par les cicatrices de vallées mises en place durant la phase régressive. Ces vallées peuvent atteindre 2,20 m de profondeur et sont remplies par des sédiments régressifs (par abandon de vallées et colmatage successif) ou par des sédiments transgressifs. Ce dernier cas n'a pas dû se produire à Maria car la remontée marine n'a pas dépassé la côte marine actuelle et ainsi les dépôts transgressifs ont pu colmater les vallées jusqu'au niveau actuel. Les sédiments grossiers présents entre les cotes 0 et + 4,0 m observés sont donc ou antérieur à la baisse marine ou en relation avec la progradation du delta régressif et une dérive littorale actuelle qui transporte des sédiments grossiers provenant des dépôts plus anciens.

Tableau 6.1 : Données stratigraphique terrestre de Maria

*Adapté d'après Cloutier 2003a. Les élévations sont les élévations au-dessus du zéro géodésique. Les deuxièmes valeurs des forages 12,13 et 14 correspondent à des épaisseurs de lits organiques situés au-dessous des sables (**) les deuxièmes valeurs notées dans les faciès de silts et argiles correspondent aux épaisseurs d'un lit grossier constitué de sable, gravier et galets sous les couches de silts et argiles. Les (*) indiquent que le sondage ne s'arrête pas sur le substratum rocheux. Ce dernier est donc situé plus bas dans la colonne sédimentaire.*

No. Sondage	Élévation (m)	Épaisseur du faciès sables et graviers	Élévation du contact sable-graviers et silts-argiles	Épaisseur du faciès silts et argiles	Élévation du contact avec le substratum rocheux
1	+ 3,93 m	4,50 m	- 0,57 m	9,00 m + 3,56m	- 13,43 m*
2	+ 3,97 m	3,50 m	0,17 m	7,77 m	- 7,30 m *
3	+ 4,00 m	4,10 m	- 0,10 m	5,05 m + 2,12m	- 7,27 m*
4	+ 3,99 m	3,80 m	0,19 m	5,35 m + 2,12m	- 7,28 m*
5	+ 3,98 m	3,85 m	0,13 m	7,42 m	- 7,29 m*
6	+ 3,95 m	3,80 m	0,15 m	6,85 m + 0,62m	- 7,32 m*
7	+ 3,92 m	4,05 m	- 0,13 m	6,45 m + 0,61m	- 7,19 m*
8	+ 3,92 m	4,05 m	- 0,13 m	6,65 m + 0,52m	- 7,35 m*
9	+ 3,93 m	4,05 m	- 0,12 m	3,55 m + 3,71m	- 7,38 m*
10	+ 3,91 m	4,05 m	- 0,14 m	7,22 m	- 7,36 m*
11	+ 3,95 m	4,05 m	- 0,10 m	7,22 m	- 7,32 m*
12	+ 3,89 m	3,00 m+ 1,55	- 0,66 m**	6,82 m	- 7,38 m*
13	+ 3,88 m	3,75 m+ 2,35	- 2,22 m**	4,93 m	- 7,19m*
14	+ 3,95 m	3,70 m+ 0,70	- 0,45 m**	6,82 m	- 7,27 m*

6.2.3 Les sédiments transgressifs

Le cortège sédimentaire du système transgressif s'est mis en place à la fin du rebond eustatique alors que la remontée marine mondiale n'était pas encore achevée. Les sédiments ont commencé par calfeutrer les vallées creusées durant l'épisode de régression puis progressivement, au fur et à mesure de la remontée marine, la mer a submergé les formations existantes et sous l'effet des houles a érodé la partie sommitale des dépôts de régression forcée pour former une couche sédimentaire typique de cet épisode géologique, soit une couche formée des matériaux grossiers appelés lag de système transgressif. Ce cortège sédimentaire représente la partie stable des dépôts antérieurs qui sont remaniés par les houles actuelles. Ces dépôts sont peu épais, généralement inférieur à 2 mètres et sont souvent colonisés en surface par une intense végétation. Ils représentent la fraction sédimentaire susceptible de se remobiliser durant les épisodes de tempêtes. Ils peuvent être alimentés par le transport sédimentaire qui se produit dans le profil de plage durant les épisodes de tempêtes et de post-tempêtes. Ils sont aussi alimentés par la partie grossière (sable et graviers) les sédiments provenant de l'érosion des talus sédimentaires de haut niveau marin et de début de régression forcée.

6.3 CADRE HYDRODYNAMIQUE

6.3.1 Les marées

De manière générale, l'amplitude de la marée augmente au fur et à mesure de sa pénétration dans la baie des Chaleurs. Les marées sont semi-diurne et leurs amplitudes sont faibles, elles varient de microtidal à méso-tidal (le marnage passe de 1,73 m en morte eau et 2,46 m en vive eau). Des surcotes pouvant atteindre 0.5 à 0,9 m peuvent être observées en combinant l'effet de la pression atmosphérique et celui des vents.

6.3.2 Les houles

Le régime des houles à l'entrée de la baie des Chaleurs est caractérisé par des houles significatives moyennes de 2,1 m et de 9 secondes de période. Néanmoins, ces houles peuvent diffracter et pénétrer dans la baie des Chaleurs mais elles sont atténuées en arrivant sur le site de Maria. Les vagues locales créées par les vents locaux, sur un fetch de 65 km, par vents de sud-est peut créer des vagues de 1,5 m de hauteur et de 5 à 6 secondes de période.

6.3.3 L'apport hydrique

La rivière Cascapédia affecte la partie orientale de la zone mais son influence est faible car le delta forme un cône sédimentaire qui laisse supposer que le delta prograde en direction du sud-ouest soit directement dans la baie de Cascapédia où il forme un corps sédimentaire indépendant. La crue qui atteint 329 m³/s transporte des sédiments grossiers par charriage et des sédiments fins en suspension. Les premiers sont canalisés dans des chenaux qui s'enfoncent dans les dépôts deltaïques sur plus de deux mètres et viennent sédimentés dans la baie de Cascapédia. Ils ne contribuent pas à l'alimentation du littoral de Maria. La partie sommitale du delta, appelée batture est formée par des sédiments hétérogènes colonisés par la

végétation (Zostères). Les sédiments fins sont entraînés qu'en à eux, directement au large et vont alimenter les dépôts situés au centre de la baie des Chaleurs.

Deux autres ruisseaux affectent la baie soit la rivière Verte, située entre l'embouchure de la rivière Cascapédia et le littoral au sens strict de Maria. La rivière Verte, alimente un petit marais mais elle ne draine que très peu de sédiments car son débit est faible et son bassin versant est de l'ordre de 120 km².

Le ruisseau Martien draine la petite plaine située en arrière du cordon sédimentaire de Maria sur une superficie d'environ 30 km². Il a été chenalisé et apporte durant la crue une quantité modeste de sédiments qui se déposent en un cône deltaïque en avant de la plage. Ce ruisseau constitue l'une des principales source d'apport sédimentaire du système littoral.

6.4 LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL

Le système côtier actuel est constitué d'une arrière-plage, d'un estran et d'une avant-plage souvent atrophiées. Afin de préciser les élévations, l'estran a été divisé en haut, moyen et bas estran tel que défini au tableau 2.1.

6.4.1 L'arrière-plage

L'arrière plage formée d'un cordon dunaire entièrement artificiel. La route 132 le recouvre presque entièrement à l'exception de certains embryons de dunes qui persistent ça et là en avant des talus bordant la route. Il est isolé par un mur en bois qui protège tant la route de l'érosion côtière que de glissements de terrain.

Ce cordon dunaire qui devait être de faible importance, est conservé sous la route 132 actuelle, comme en témoignent les niveaux sableux retrouvés dans les sondages qui ont été pratiqués le long des bas côtés de la route actuelle. Dans ces sondages, les niveaux sableux sont surmontés par le soubassement de la route actuelle. Il devait résulter d'un transport littoral de faible importance qui remaniait les sédiments provenant de l'érosion du talus situé au sud-ouest du site et des apports des ruisseaux. Des embryons de dunes se reforment le long du mur de protection en bois, ceci témoigne que l'érosion actuelle est faible car même en l'absence de quantité importante de sédiments sableux apportée de l'extérieur du système, une partie des sédiments qui transitent sur la plage peuvent venir reconstituer la dune bordière.

6.4.2 L'estran

L'estran se développe sur un soubassement constitué de galets et graviers. Ce soubassement peut être peu épais comme au pied du talus constitué des dépôts fluviaux glaciaires. Dans ce cas l'estran repose directement sur les sédiments provenant de l'altération du substratum sous-jacent. Le sable constitue alors un film qui peut parfois recouvrir le niveau grossier mais qui bien souvent ne fait que se mélanger à ce dernier. La haute plage est constituée de galets. Le moyen estran est constitué de sable et de galets. La fraction sableuse est de l'ordre de 80 % en surface mais l'épaisseur de cette couche est généralement de moins de 5 cm et peut atteindre jusqu'à 10 cm. Elle repose alors en discordance sédimentaire sur le niveau de galets et graviers. Elle constitue la couche la plus mobile qui est remaniée par le transport littoral.

Ce transport s'effectue d'ouest en est et a pour conséquence de faire transiter les sédiments disponibles en direction du nord-est. Le bas estran est composée d'un mélange de sable et gravier. Dans ce mélange la proportion de sable est généralement inférieure à 50 %. Ce sédiment semble provenir de l'étalement des petits cônes deltaïques et d'un remaniement des sédiments sous-jacents. L'ensemble de ce matériel forme la couche transgressive qui est retrouvé au large.

Les échanges sédimentaires avec la zone offshore sont faibles car les fonds marins sont colonisés par plusieurs espèces végétales qui piègent les sédiments entraînés au large durant les tempêtes.

6.4.3 Évolution globale du système côtier

L'évolution du système côtier a été établie à partir de 23 profils espacés de 250 mètres. Un bilan sédimentaire global a été établi en comparant les variations volumiques du profil sur un mètre linéaire entre juin 2001 et juin 2004 sur la base de l'évolution des profils en séparant l'évolution de la haute plage, du haut et moyen estran et du bas estran. De manière générale ce calcul a été effectué pour l'intervalle 2001-2002 et pour l'intervalle 2002-2004. Pour chaque zone un calcul est donné pour l'ensemble de la période considérée soit 2001-2004. Les graphiques et tableaux comparant qualitativement les deux profils sont présentés en annexe 4.

Par convention, lors de la description, le pied des falaises ou le bas des murs de soutènement est considéré comme point zéro pour toutes les mesures de largeur de plage. Le zéro topographique correspond au niveau moyen de la mer (MNE). L'estran est séparé en bas estran de -0,94 m à -0,47 m d'élévation, le moyen estran de -0,47 m à 0,0 m d'élévation et le haut estran de 0,0 m à 0,94 m d'élévation (tableau 2.1). Pour établir les bilans sédimentaires, le profil a été divisé en deux soit une zone située au-dessus du zéro géodésique est appelée haute-plage et une zone située en dessous du zéro géodésique, est appelée basse-plage. Ainsi sous le terme haute-plage est inclus le haut estran, le haut de plage et le talus s'il est en continuité avec le haut de plage. Le terme plage découverte est utilisé pour la partie de la plage qui n'est pas recouverte d'eau au moment de la mesure, il ne correspond pas à la largeur de la plage à marée basse. Les variations topographiques observées sur le profil 20 sont très faibles et doivent être considérées en partie comme non significatives car la mesure d'un profil de plage est très délicate et souvent la méthode utilisée peut introduire des erreurs de l'ordre de 5 à 10 cm.

Aussi, le calcul du bilan sédimentaire doit être considéré avec réserve et la quantité de matériel érodé ou déposé doit être considéré comme un ordre de grandeur du sédiment déplacé. Ce calcul est obtenu par superposition des profils de plage successifs dont la précision verticale absolue est de l'ordre de 10 cm et la précision relative le long du profil est de l'ordre de quelques centimètres. Le bilan sédimentaire a été établi en considérant deux secteurs sur la plage, soit la haute plage qui intègre le haut estran, l'arrière-plage et le talus quand ce dernier prolonge l'arrière-plage (zone située au-dessus du zéro géodésique) et la basse plage qui intègre l'estran moyen et le bas estran (zone située sous le zéro géodésique). Une intégration des volumes est effectuée entre deux profils successifs puis cellule par cellule pour obtenir le volume érodé ou déposé sur l'ensemble de la plage. Ce volume ne correspond pas au volume transporté car il ne tient compte que des variations volumétriques sur la zone considérée et non

des volumes de sédiments qui entrent et qui sortent du système tant le long de la plage (transport littoral) que perpendiculairement au profil de plage (transport dans le profil). Si le premier type de transport peut être important le second semble être faible en raison du type de faciès sédimentaire existant au large.

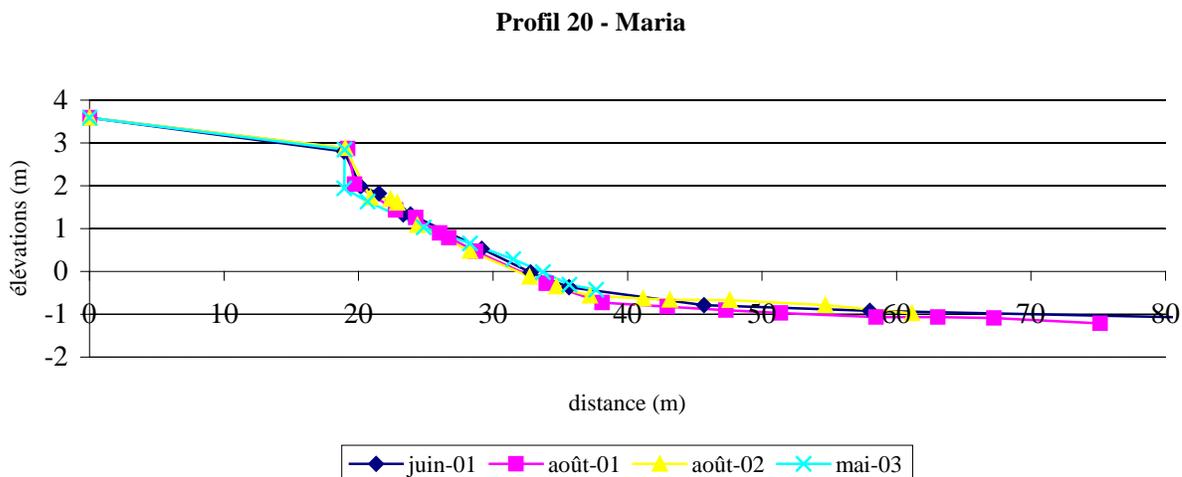


Figure 6.3 : Évolution du profil de plage 20 à Maria entre juin 2001 et mai 2003

La haute plage est située au-dessus de la cote +0,94m, jusqu'au pied du muret en bois (+2m), le haut estran est compris entre les cotes +0,94m et 0m, le moyen estran entre -0m et -0,47m et le bas estran entre les cotes -0,47m et -0,94m.

L'ensemble de la plage (24 profils sont distants de 250 m) considérée représente un linéaire de 6 km de longueur. Le bilan sédimentaire établi représente les volumes des variations de topographies de la zone considérée et non le volume de sédiment transporté à travers le système en provenant des zones externes du système. Le détail de ces variations a été calculé zone par zone afin de comprendre l'évolution du littoral.

Le total du matériel représente 27 881 m³ soit une érosion de 9 297 m³ par an sur l'ensemble de la plage ou un mètre cube par an et par mètre linéaire de la plage. Le volume érodé sur la haute plage représente la plus grande partie du matériel érodé, cette érosion menace directement les fondations de la route 132.

6.4.4 Évolution zone par zone du système côtier

Une présentation a été reprise zone par zone afin de déterminer avec plus de détails l'évolution du littoral. Les descriptions des différents secteurs de la plage de Maria sont présentées en regroupant pour chaque secteur les différents profils de plage (tableau 6.2). L'évolution morpho-sédimentologique de la plage de Maria n'est pas décrite en fonction des différentes périodes de relevés mais un état morpho-sédimentologique est donné pour chacune des différentes zones qui constituent la plage.

Tableau 6.2 : Les différents sites constituant la plage de Maria

Les différents profils sont présentés à la figure 6.1.

Sites	Zones	Profils
Falaise ouest	A	1
Zone herbeuse	B	2, 3
Talus fluvio-glaciaire	C	4, 5, 6
Plage ouest protégée par un muret en bois	D	7, 8
Delta du ruisseau Martien	E	9
Plage est protégée par le muret en bois	F	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Plage devant l'enrochement	G	17
Plage des Goélands	H	18
Marais de Maria	I	19
Plage est avec talus	J	20, 21
Plage est protégée par un mur en béton	K	22, 23

6.4.4.1 Zone A

La zone A est représentée par le profil 1. L'arrière-plage est constituée par une petite falaise colonisée par des herbacées et des arbustes. Le haut de plage (5 m de largeur) et le haut estran (2 m) sont constitués de galets. Le reste du haut estran (3m) et le moyen estran (5m) sont constitués par un mélange de graviers, de sables et de galets sur une largeur de 3 m. L'avant-plage est constituée d'un faciès sableux qui ne forme qu'un film de surface recouvrant les graviers sous-jacents. Les graviers forment deux couches superposées qui recouvrent un horizon constitué de sable grossier et de galets. La plage s'est érodée faiblement.

6.4.4.2 Zone B

La zone B est représentée par les profils 2 et 3. L'arrière-plage est constituée par une zone herbeuse stable dont la largeur varie de 5 à 10 m. Quatre bermes existent entre le haut de plage et la zone de battements des vagues : la berme de tempêtes, constituée de galets et soulignée par une laisse constituée essentiellement d'algues et de bois ; la berme de PMSGM ; la berme de la dernière grande marée haute et la berme de la dernière haute mer. Plus bas la plage est constituée de graviers et galets, le haut estran est de l'ordre de 8 m alors que la largeur du bas estran varie de 4 à 10 m. Au large, les galets font place au sable.

La différence observée sur le profil 2 correspond à une perte de matériaux de 3,63 m³, soit une érosion de 12 cm le long du profil. Cette érosion est essentiellement visible sur le haut estran. Tant le haut de plage que le bas de plage ont été érodés.

6.4.4.3 Zone C

La zone C est représentée par les profils 4,5 et 6. L'arrière-plage est formée par un talus herbeux d'environ 11 mètres de haut, qui présente un certain nombre de loupes glissées sur 8 à 14 m de largeur. Les loupes inférieures s'accumulent sur le haut de plage. Au pied du talus, un

mélange de graviers et galets couvrent la totalité du haut de plage (5m). Les haut et moyen estran sont composés d'un faciès mixte de sable, graviers et galets (5 à 6m). Le bas estran est composé d'une bande de galets de 4 m, puis de galets colonisés par des algues. L'avant-plage est composée de sable.

Malgré la présence d'une falaise argilo-sableuse, le matériel sableux ne représente qu'une fraction minimale des sédiments présents sur la plage. Le matériel fin (argile et silt) est lavé par les vagues et migre pour sédimenter en milieu calme, soit au niveau des barachois, des vasières, ou au large, dans la partie centrale de la baie des Chaleurs.

La variation de volume observée le long du profil 4 correspond à une perte de matériaux de 5.84 m^3 , soit l'équivalent en épaisseur d'une érosion de 21 cm tout au long du profil. L'ensemble du profil est surtout érodé sur la partie basse et moyenne de l'estran. Aucune accumulation de matériaux ne se produit sur la plage, au contraire, elle est en érosion. L'ensemble de cette zone a subi une profonde érosion.

6.4.4.4 Zone D

La zone D est représentée par les profils 7 et 8. L'arrière-plage est limitée par un mur de soutènement en bois. Toutefois à sa base, se développe une bande herbeuse variant entre 1 et 3 m de largeur. Cette bande herbeuse semble stable et épargnée par les dépôts de tempête ou de cordons glaciels. Le haut de plage est constitué au début par des galets, puis par un mélange de graviers et galets jusqu'à la partie supérieure du haut estran. La partie inférieure est constituée d'un faciès de sable, graviers et galets. La partie inférieure du bas estran est entièrement composée de galets alors que l'avant-plage est constituée d'un faciès sableux contenant quelques galets. La différence observée correspond à un gain de matériaux de 10.47 m^3 , soit une augmentation du niveau de la plage de 36 cm. La plage s'est engraisée alors que le haut de plage est en érosion.

6.4.4.5 Zone E

La zone E est représentée par le profil 9. Le profil est situé à proximité de l'embouchure du ruisseau Martien. L'arrière-plage est limitée par un mur de soutènement en bois. Le haut de plage qui s'étend sur une largeur de 13 m est constitué de galets, puis un film sableux de 5 cm d'épaisseur, recouvre les galets. Le même faciès se trouve sur le haut estran alors que les moyen et le bas estrans sont constitués de galets. La plage comporte deux bermes : la berme de tempête constituée de galets, la berme de PMSGM constituée de graviers et galets. La différence observée correspond à un gain de matériaux de 9.61 m^3 , soit l'équivalent d'une hauteur de 33 cm sur l'ensemble du profil. La plage s'est engraisée alors que le haut de plage qui correspond au delta, est en érosion.

6.4.4.6 Zone F

La zone F est représentée par les profils 10 à 16. L'arrière-plage du profil 10 est limitée par un mur de soutènement en bois de la route ainsi que par un enrochement de 7 m de large. Le long des autres profils, seul le mur en bois est présent. Alors que sur le premier profil, l'estran est uniforme et présente quelques blocs provenant du démantèlement de l'enrochement, sur les

autres profils, au pied du mur, une bande d'herbe et de fragments de bois existe sur une largeur variant de 0 à 3 m de large. Le haut de plage est constitué de galets et graviers sur une largeur de 4 à 5 m. Ce faciès peut varier latéralement pour associer des sables (profils 14 et 15) ; puis, l'estran est composé de galets, graviers et sable et l'avant-plage d'une alternance de bandes de sable et galets sur la partie sud-ouest pour devenir de sable sur la partie nord-est. L'épaisseur de la couche sableuse varie de 3 à 10 cm sur la barre sableuse lorsqu'elle existe. Malgré la présence du muret le haut de plage est en érosion.

6.4.4.7 Zone G

La zone G est représentée par le profil 17. L'arrière-plage est limitée par un enrochement de 4 m, qui sépare la plage de la route 132. Une zone colonisée par des herbacées englobe des gros galets et des fragments de bois et occupe les 7,4 premiers mètres. Le haut de plage et le haut estran sont constitués de graviers et galets sur 13,5 m de large. Sur le moyen estran de graviers et galets sont entrecoupés par de petites bandes de sable. La différence correspond à une perte de matériaux de 8.94 m^3 , soit une diminution de hauteur le long du profil de 30 cm. La plage a été engraisée essentiellement au sommet, au contact des enrochements. Le bas de plage est resté stable.

6.4.4.8 Zone H

La zone H est représentée par le profil 18. Ce profil situé sur la plage des Goélands possède une arrière-plage aménagée avec une promenade en bois et une zone herbeuse. L'ensemble fait environ 15 m de large. Le haut de plage et le haut estran sont constitués de sable et de galets sur une largeur de 20 m puis de sable et graviers. Le bas estran est composé d'une alternance de sable et galets. La zone s'est engraisée.

6.4.4.9 Zone I

La zone I est représentée par le profil 19. Ce dernier traverse le marais de Maria. L'arrière de plage est entièrement colonisé alors que le haut de plage et le haut estran sont constitués de graviers et de galets ; le moyen estran possède une bande de galets qui limite le marais maritime vaseux. La différence observée correspond à un gain de matériaux de 9.92 m^3 , soit l'équivalent d'une augmentation moyenne de la hauteur de la plage de 45 cm.

6.4.4.10 Zone J

La zone J est représentée par les profils 20 et 21. L'arrière-plage, constituée d'une pelouse entretenue, est séparée de la plage, par une microfalaise en érosion de 60 cm de haut. Cette arrière-plage représente une dune relique érodée. Le haut de plage est constitué de galets sur une largeur, puis le haut estran est constitué par un mélange de graviers et de sable et par un faciès mixte de sable, graviers et galets. La partie inférieure du moyen estran et une partie du bas estran sont composées de galets. Par la suite, le bas estran est constitué par un mélange de graviers et galets recouvrant 10 cm d'épaisseur de sable et un soubassement de galets. L'avant-plage est constituée de sable. Il est probable que lors des tempêtes, la microfalaise est directement érodée. La différence volumique observée correspond à un gain de matériaux de 1.68 m^3 , soit une augmentation équivalente de 11 cm tout au long du profil.

6.4.4.11 Zone K

La zone K est représentée par les profils 22 et 23. L'arrière-plage, limitée à un mur de protection en béton, possède une bande de végétation. Le haut de plage et le haut estran sont constitués par une succession de graviers et galets. L'estran moyen et le bas estrans sont composés d'un mélange de graviers et de sable. Plus au nord-est le haut de plage est inexistant alors que l'estran est composé de sable et de roches éparses et le bas de plage de sable vaseux. Sur l'avant-plage, les roches sont recouvertes d'algues.

6.4.4.12 Synthèse de l'analyse des profils

Sur l'ensemble des profils (24), 13 montrent un bilan sédimentaire négatif, 8 montrent un bilan positif et un seul est stable. La zone en érosion se situe au niveau des falaises de Maria, et à l'ouest des cours d'eau la plupart du temps.

6.4.5 Bilan sédimentaire zone par zone

Tableau 6.3 : Bilan sédimentaire zone par zone

Les valeurs positives correspondent à des érosions et les valeurs négatives à des dépositions. Étant donné la taille réduite de la moyenne plage, cette dernière unité a été englobée dans la haute plage.

Sites	Zones	Haut de plage (m ³)	Bas de plage (m ³)	Total (m ³)
Falaise ouest	A	516	0	516
Zone herbeuse	B	2 375	348	2 723
Talus fluvio-glaciaire	C	6 367	3 460	9 829
Plage ouest protégée par un muret en bois	D	2 276	- 195	2 800
Delta du ruisseau Martien	E	1 223	- 72	1 150
Plage est protégée par le muret en bois	F	4 079	1 678	5 758
Plage devant l'enrochement	G	- 2 478	0	- 2 478
Plage des Goélands	H	- 1 125	0	- 1 124
Marais de Maria	I	2 176	1 351	3 530
Plage est avec talus	J	2 423	1 738	4 161
Plage est protégée par un mur en béton	K	761	255	1 016

Le total est de 27 168 m³ en trois ans soit 9 056 m³ par an. Or, cette érosion n'est pas constante sur tout le site. Les talus s'érodent beaucoup plus vite que le restant du site. Celui du sud-ouest (zones B et C) perd 12 552 m³ dont 8 742 m³ en haute plage. Or, une grande partie de ce matériel est composé de matériel fin qui ne contribuera pas à la restauration de la plage. Le marais de Maria et la côte située à l'est du marais sont fortement érodés soit 8 707 m³. Ainsi les deux zones non protégées montrent un déficit sédimentaire de 21 259 m³ sur trois ans alors que l'ensemble de la partie centrale du site ne subit que 5 909 m³ sur trois ans soit seulement 1 969 m³ par an. Cette valeur est négligeable. Elle montre qu'un étalement sédimentaire est dû à un mouvement de va-et-vient plutôt qu'une érosion du système. L'érosion mesurée (4 079 m³) devant le muret en bois (zone F, haut de plage) est en grande partie annulée par la

sédimentation (3 603 m³) devant les enrochements (zone G) et sur la plage des Goélands (zone H) ce qui montre un déplacement latéral du stock sédimentaire et non pas une perte dans le profil. La basse plage est restée stable.

6.4.6 L'avant-plage

6.4.6.1. Bathymétrie du site

Alors que les courbes bathymétriques sont très rapprochées sur la partie sud-ouest de la baie de Cascapédia (figure 6.5), la pente devient de plus en plus douce au fur et à mesure du déplacement vers la partie nord-est. Plusieurs petites vallées existent, elles suivent généralement les anciennes vallées présentes durant la remontée marine. Les moins grandes pentes observées dans la partie nord-est du site semblent être en relation avec l'apport sédimentaire de la rivière Cascapédia. Le delta sous-marin de la rivière Cascapédia s'étend jusqu'au droit de Maria.

6.4.6.2. Sédiments de surface

Les sédiments de surface (figure 6.6) sont contrôlés par la nature des formations sous-jacentes et par la densité du couvert végétal. Les sables, contenant des graviers et galets, forment la presque totalité des sédiments de surface. Le substratum rocheux affleure au sud-ouest de la zone. Le couvert végétal est continu sur la partie nord-est et discontinue sur la partie centrale où il se forme tantôt à la côte tantôt par des profondeurs de 2 à 3 m.

6.4.6.3. Surface du substratum rocheux

Le substratum rocheux pend en direction du large (figure 6.4). Il montre la présence de plusieurs cicatrices dues au système de drainage aérien en période régressive. Ce système correspond au système de drainage terrestre actuel ce qui montre que les rivières n'ont pas changé de lit au cours des derniers 10 000 ans. Le long de la côte ouest du secteur, le substratum rocheux est soit affleurant soit sub-affleurent ce qui explique que seul le lag de surface apparaît au niveau de l'estran et du haut de plage. Au niveau du secteur du ruisseau martien, le substratum rocheux apparaît entre des profondeurs de -10 à -13 m, sur plus d'un kilomètre au-dessous de la route 132. Au large (100m), cette vallée est plus étroite et ne dépasse pas quelques centaines de mètre. Ceci est dû au fait que les deux coupes ne sont pas effectuées perpendiculairement à la section de la vallée, cette vallée doit probablement méandrer au niveau de la route 132. Ceci est dû à la lithologie de la roche qui n'est pas uniforme. Le substratum rocheux est constitué par des alternances de couches plus dures et plus friables.

6.5 ÉVOLUTION DE L'ENVIRONNEMENT CÔTIER

L'avant-côte est contrôlée par la pelouse à zostère, depuis des profondeurs de 1 m. Aussi, le transport dans le profil est limité car les sédiments entraînés au large sont piégés par les formations végétales. L'avant-côte et la zone offshore sont constituées par le cortège de sédiments transgressifs qui sont formés de graviers et galets. La couche sableuse de surface provient de l'érosion des fractions sableuses de la plage. Le substratum rocheux contrôle la

partie sud-ouest de l'avant-côte. La quantité de sédiments érodée sur la plage est faible et elle provient de mouvements gravitaires et non d'une érosion marine.

6.6 EFFET DES OUVRAGES DE PROTECTION

La construction d'enrochement le long de la route 132 a pour but de protéger la route 132 en réduisant l'érosion de l'arrière-plage comme c'est le cas pour le mur de protection en bois. Or, l'arrière-plage est maintenant séparée de la plage et ne constitue plus une réserve sédimentaire pour le profil de plage. Ce dernier est sous alimenté car il est privé de sa source principale, il représente un profil relique très peu alimenté par des apports externes. La présence des zostères le long du littoral témoigne que les sédiments piégés ne sont pas réintroduits dans le système durant les périodes calmes.

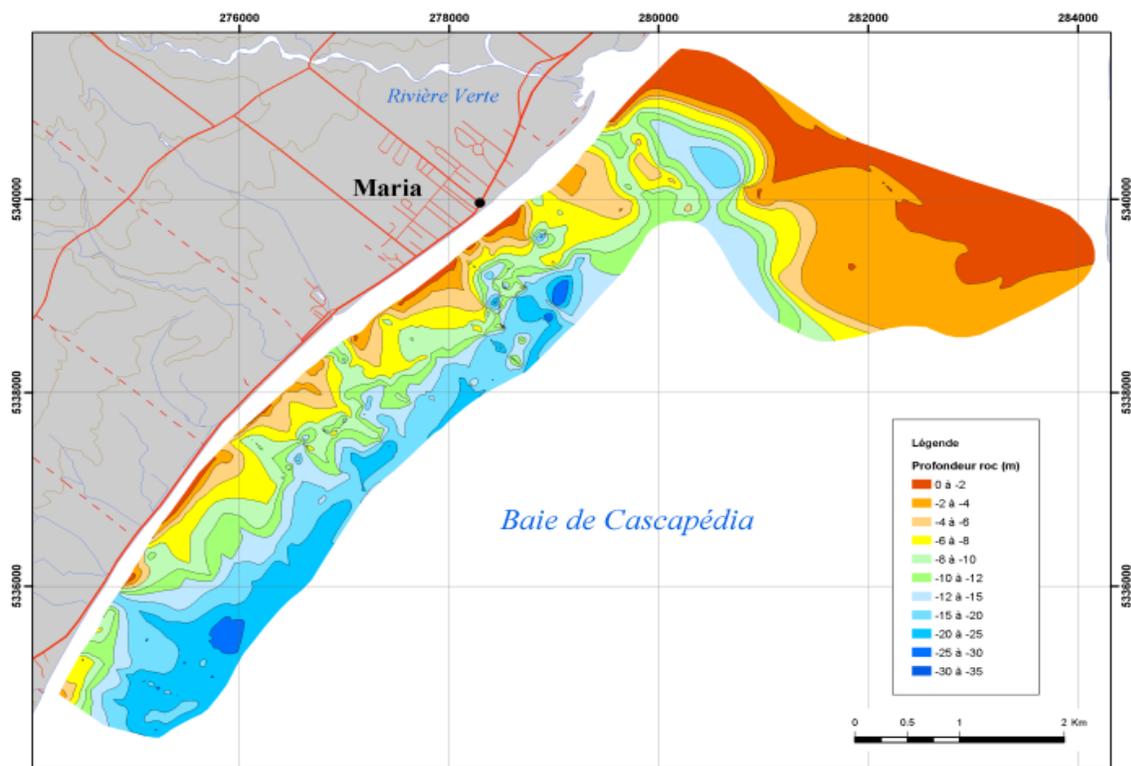


Figure 6.4 : Carte de la surface du substratum rocheux

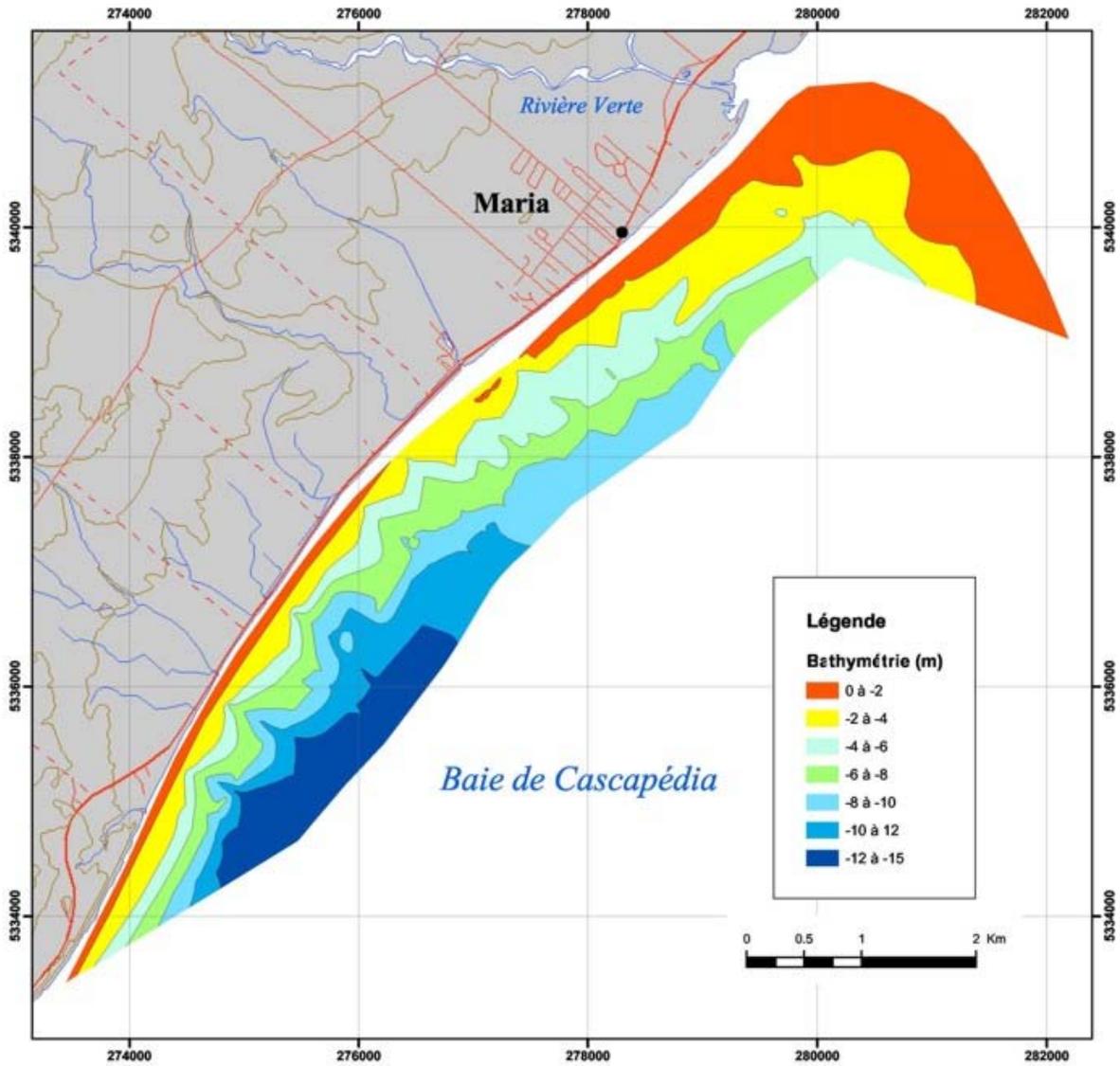


Figure 6.5 : Carte bathymétrique de la baie de Caspédia

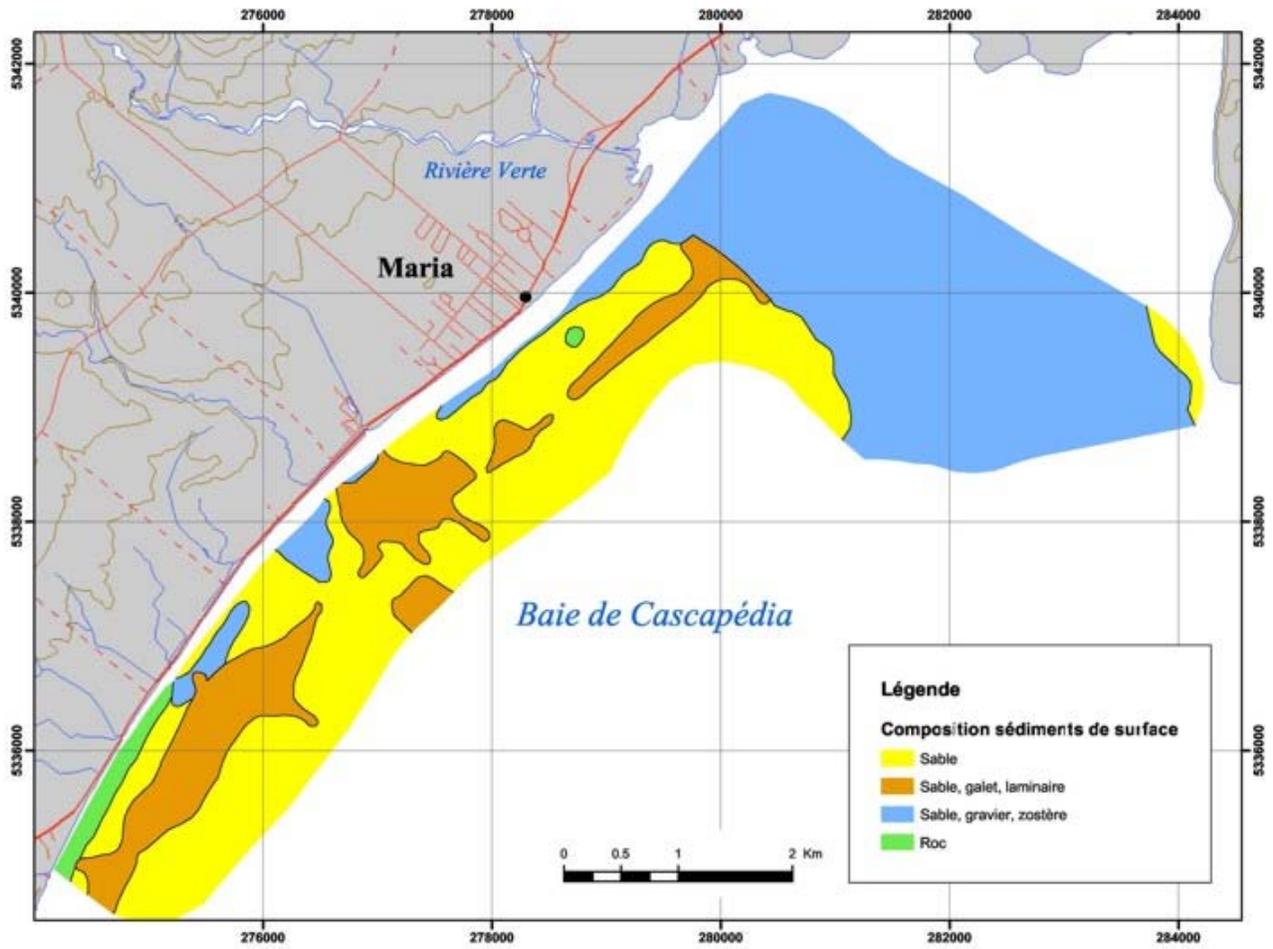


Figure 6.6 : Répartition des sédiments de surface

7 SITE DE SAINT-SIMÉON – BONAVENTURE

7.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Le secteur de Saint-Siméon – Bonaventure se situe à 40 km à vol d’oiseau à l’est de Maria, dans la MRC de Bonaventure. Il est limité à l’ouest par la Pointe Rouge (intersection route Roussel et route 132) et à l’est par la pointe de la flèche du barachois de Bonaventure. L’ensemble correspond à une côte plus ou moins rectiligne de plus de 17 km de long et est interrompu par un marais. (Figure 7.1 et 7.2)

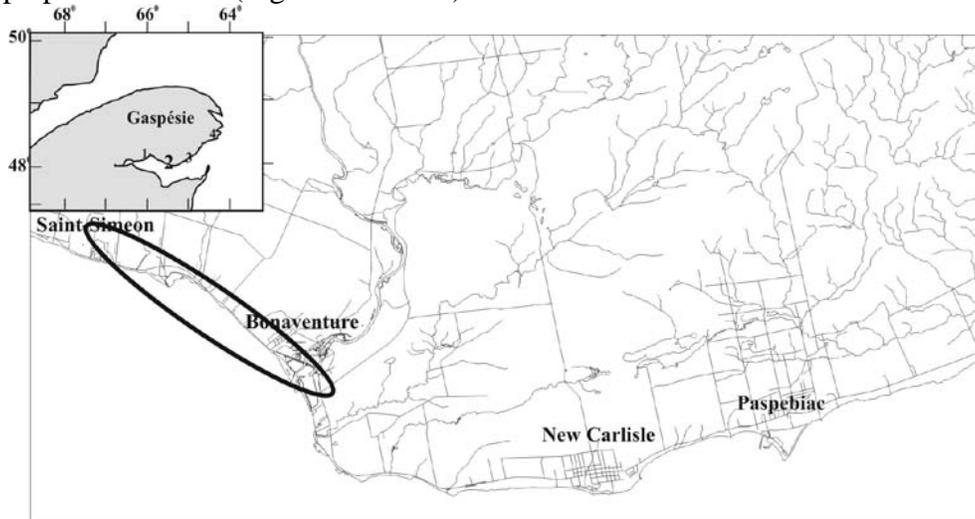


Figure 7.1 : Situation géographique du site de Saint-Siméon – Bonaventure

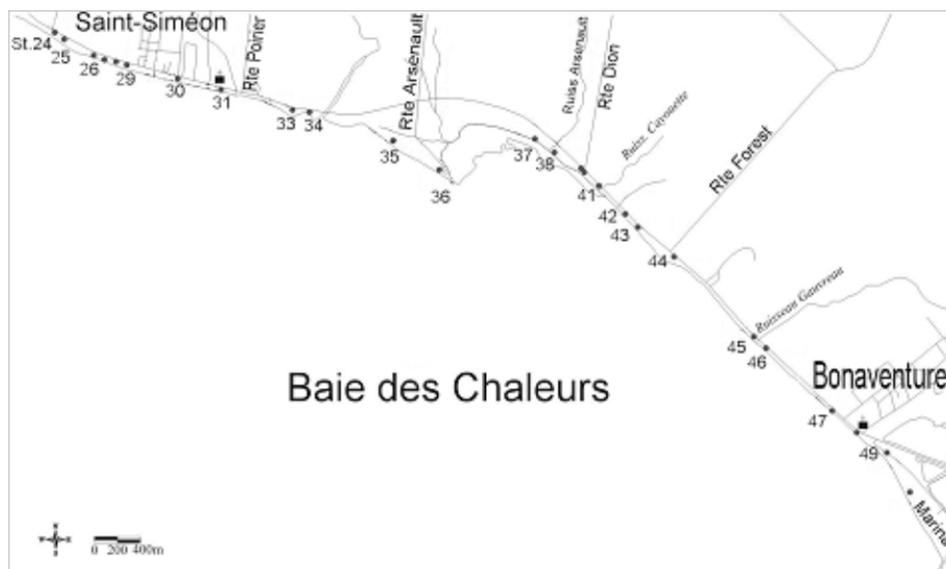


Figure 7.2 : Localisation des têtes de profils du site de Saint-Siméon – Bonaventure

À l'ouest de Saint-Siméon, la route longe, pendant 3 km, des falaises d'une hauteur d'environ 12 mètres. Ces falaises sont composées de grès de la formation de Bonaventure. Le bas de ces falaises est protégé par un mur en bois sur une longueur de 1,7 km. À l'est, les falaises laissent place à un talus de gradient élevé, d'une hauteur de 10 m. L'instabilité de ce talus est marquée par un grand nombre de loupes de glissement. La hauteur du talus diminue progressivement jusqu'à l'embouchure de la Petite Bonaventure. Les vestiges d'anciens quais abandonnés (à moitié détruits) apparaissent le long du littoral de Saint-Siméon : au droit de la plage de Beaubassin, dans le prolongement de la rue Forest, à l'est du marais, en avant du parc de l'île. Ils se présentent sous la forme d'amoncellement de galets perpendiculaires au rivage, entre la plage et le large ou parallèles à la plage, au large. De plus, plusieurs ouvrages de protection ont été mis en place récemment. La partie est du talus est enrochée sur une longueur de 1,3 km.

La morphologie de la plage montre une bande étroite, où le haut de plage est inexistant. L'avant-plage consiste en une plate-forme rocheuse (platier) rarement recouverte de sédiments. Par endroits, des galets forment un affleurement. Ils proviennent du démantèlement des quais par l'action des vagues.

À l'est du marais de Bonaventure, un talus argileux occupe l'arrière-plage sur une hauteur variant de 1,5 à 3 mètres de hauteur. La base du talus est empierrée sur pratiquement toute sa longueur. En face de la route Dion, sur une distance de 300 mètres, le talus est à l'état naturel. Au-delà de l'église, le long de la flèche sableuse qui abrite la marina, la plage est plus large et l'arrière-plage est colonisée par la végétation (herbacées).

Plusieurs ruisseaux aboutissent dans la zone soit : le ruisseau Watt entre les profils 31 et 32, la rivière Petite Bonaventure à la station 34 et le ruisseau Gauvreau entre les stations 45 et 46. L'embouchure de la rivière Bonaventure constitue la limite est de la zone.

7.2 CADRE GÉOLOGIQUE

L'environnement géologique est constitué de deux formations distinctes, le substratum rocheux et les formations quaternaires. Des exemples de relevés géophysiques font l'objet des figures 7.3 à 7.5.

7.2.1 Le substratum rocheux

Le substratum rocheux n'apparaît généralement pas au niveau des falaises littorales mais il affleure au niveau de la plage, à l'ouest de la route du viaduc. De plus, il est sous-jacent proche de la surface et contrôle la morphologie du littoral. Il est représenté par les roches Permo-Carbonifère de la formation de Bonaventure. Ces roches se présentent sous la forme de strates horizontales formées de clastites grossières de couleur rouge (conglomérats, grès, siltstones et mudstones). Ces formations constituent le soubassement de l'avant-côte et sont toujours présentes sur les relevés de sismique réflexion (figure 7.4). Elles sont situées soit en surface soit sont recouvertes par les terrains Quaternaires. Elles ont été érodées durant les différentes phases régressives et présentent les cicatrices des anciennes vallées fluviales mises en place durant les différentes baisses de niveau marin ou durant le bas niveau marin.

De manière générale le toit du substratum rocheux devient de plus en plus profond en s'éloignant vers le large. Ceci est dû non pas à un plongement des couches vers le large mais à une érosion du système durant des périodes aériennes antérieures.

7.2.2 Les sédiments de régression

Les sédiments du système de haut niveau marin et de régression forcée sont caractérisés par des sédiments mis en place en période de fonte glaciaire ou postérieurement. Cette série sédimentaire est constituée par la succession suivante de faciès : les dépôts grossiers proximaux, les dépôts deltaïques sableux et les dépôts prodeltaïques distaux (silt et argiles) qui sont soit progradants (apport par glissements dans la partie proximale) soit drapants. Ces dernières couches se sont mises en place par décantation et ne tiennent pas compte de la morphologie de l'encaissant sous-jacent. Les matériaux sont stratifiés et doivent correspondre aux sédiments de Golthwaith qui affleurent le long de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent. Leur épaisseur peut atteindre près de 15 m par endroit et est généralement de l'ordre de 5 à 10 m d'épaisseur. Les dépôts prodeltaïques affleurent le long du littoral nord-ouest de la zone où ils forment un talus de plus de 10 mètres de hauteur.

Ces sédiments ont été érodés durant la période de régression forcée comme en témoigne les vallées qui apparaissent dans ces sédiments. Les cicatrices d'érosion ne dépassent pas 10 mètres de profondeur ce qui suggère que la régression n'ait pas atteint une profondeur plus grande que cette valeur.

Les sédiments stratifiés n'affleurent jamais au fond de la mer. Leur partie sommitale a toujours été érodée et elle est recouverte par le cortège sédimentaire transgressif. Par contre, à terre, ils forment les talus situés au sud-ouest de la zone d'étude. Ils correspondent dans cette zone, à des sédiments stratifiés fins dans lesquels la fraction sableuse ne dépasse pas 10 % du total. Cette fraction se retrouve sous forme de lits sableux qui correspondent aux parties distales d'écoulements sableux mis en place durant des transports de masse sous l'effet des glissements de terrain. Ces lits sont intercalés dans des lits silto-argileux. Cette alternance reflète l'hétérogénéité des apports sédimentaires durant cette période. Des galets sont parfois insérés dans cette matrice fine, ils correspondent aux pierres de délestage des glaces flottantes comme celles qui se retrouvent tout au long de l'estuaire du Saint-Laurent.

À l'est du marais de Bonaventure, un talus argileux occupe l'arrière-plage sur une hauteur variant de 1,5 à 3 mètres de hauteur. À partir des sondages stratigraphiques effectués lors de la protection de la route 132 à l'ouest de la rue Grand Pré, sur 500 m, par Cloutier (2003b) il est possible de déterminer la stratigraphie des sédiments régressifs. Ces 10 sondages ont tous atteints le substratum rocheux. Ils mettent en évidence deux faciès sédimentaires surmontant le substratum rocheux soit les sédiments fins (argiles et silts) prodeltaïques surmontés par les sables deltaïques (tableau 7.1). La surface d'érosion des sédiments prodeltaïques de régression est située à la cote de - 0,50 m. Cette surface d'érosion n'est pas constante car elle est déformée par les cicatrices de vallées mises en place durant la phase régressive. Ces vallées peuvent atteindre 5,50 m de profondeur et sont remplies par des sédiments régressifs (par abandon de vallées et colmatage successif) ou par des sédiments transgressifs. Ce dernier cas n'a pas dû se produire à Bonaventure car la remontée marine n'a pas dépassé la cote marine actuelle et ainsi les dépôts transgressifs ont pu colmater les vallées jusqu'au niveau actuel. Les

sédiments grossiers présents entre les cotes 0 et +4,0 m observés sont ou antérieurs à la baisse marine ou en relation avec une dérive littorale actuelle. Dans le premier cas, ils correspondent à la progradation du delta sableux régressif dont la partie marine actuelle a été entièrement érodée. Parfois, ils peuvent résulter du transport, sous l'effet de la dérive littorale actuelle, des sédiments grossiers provenant des dépôts deltaïques régressifs.

Tableau 7.1 : Données stratigraphiques terrestres de Bonaventure

(Adapté d'après Cloutier 2003b)

No. Sondage	Élévation (m)	Épaisseur du faciès sables et graviers	Élévation du contact sable-graviers et silts-argiles	Épaisseur du faciès silts et argiles	Élévation du contact avec le substratum rocheux
1	+ 3,31 m	3,80 m	- 0,49 m	10,20 m	- 10,69 m
2	+ 2,87 m	9,00 m			- 6,13 m
3	+ 3,05 m	3,45 m	- 0,40 m	4,85 m	- 5,25 m
4	+ 2,96 m	8,95 m	- 5,99 m *	1,80 m	- 7,69 m
5	+ 3,21 m	3,80 m	- 0,59 m	3,30 m	- 7,79 m
6	+ 3,23 m	3,80 m	- 0,57 m	3,00 m	- 3,87 m
7	+ 3,56 m	4,60 m	- 1,04 m	3,40 m	- 4,44 m
8	+ 3,77 m	4,20 m	- 0,43 m	3,40 m	- 3,83 m
9	+ 4,01 m	4,40 m	- 0,39 m	4,60 m	- 5,09 m
10	+ 3,96 m	5,00 m	- 1,02 m	1,85 m	- 2,87 m

7.2.3 Les sédiments transgressifs

Le cortège sédimentaire du système transgressif s'est mis en place à la fin du rebond eustatique alors que la remontée marine mondiale n'était pas encore achevée. Les sédiments ont commencé par remplir les vallées creusées durant l'épisode de régression puis progressivement, au fur et à mesure de la remontée marine, la mer a submergé les formations existantes et sous l'effet des houles, a érodé la partie sommitale des dépôts de régression forcée et formée une couche sédimentaire typique de remaniement. Cette dernière est formée des matériaux grossiers appelé lag de système transgressif. Ce cortège sédimentaire représente la partie des dépôts antérieurs qui est stable dans le contexte hydrodynamique actuel. Ces dépôts sont peu épais, généralement inférieurs à 2 mètres et sont souvent colonisés en surface par une intense végétation. Ils représentent la fraction sédimentaire susceptible de se remobiliser durant les épisodes de tempêtes. Ils peuvent être alimentés par le transport sédimentaire qui se produit dans le profil de plage durant les épisodes de tempêtes et de post-tempêtes. Ils sont aussi alimentés par la partie grossière (sable et graviers) les sédiments provenant de l'érosion des talus sédimentaires de haut niveau marin et de début de régression forcée.

Pour définir l'architecture des dépôts et les différents faciès sédimentaires, 9 carottes de 1m à 1,50 m ont été prélevées, soit 3 sur la plage publique de Saint-Siméon, 3 dans le marais, et 3

sur la plage devant la rue Beaubassin. Pour les autres stations, il a été impossible de pénétrer le sédiment, autant par carottages qu'en tranchées.

Sur l'ensemble des profils, trois prélèvements ont été pris en juin et en août pour les analyses granulométriques ultérieures, soit un total de 160 prélèvements.

De plus, la flèche à l'embouchure de la rivière Petite Bonaventure et les différents petits deltas (les ruisseaux Gauvreau et Watt) ont été cartographiés. Les barres graveleuses intertidales qui résultent de la destruction des anciens quais, ont aussi été cartographiées.

7.3 CADRE HYDRODYNAMIQUE

7.3.1 Les marées

Les marées sont semi-diurnes et leur amplitude est faible, elles varient de microtidal à méso-tidal (le marnage passe de 1,53 m en morte eau et 2,16 m en vive eau). Des surcotes pouvant atteindre 0,5 à 0,9 m peuvent être observées en combinant l'effet de la pression atmosphérique et celle des vents. Durant des événements exceptionnels ces surcotes pourraient dépasser 1,5 m comme ce fut le cas au Nouveau-Brunswick durant le passage des tempêtes tropicales de 1990 et 1991.

Les courants générés par les marées peuvent atteindre 15 à 20 cm/s et même 40 cm/s proche des passes. Ces courants sont suffisants pour remanier les sables et générer un début de transport sédimentaire par migration des rides et plus rarement des petites dunes.

7.3.2 Les houles

Le site est orienté sud-est à nord-ouest. Il est donc protégé des houles provenant de l'entrée de la baie et reçoit les houles formées localement depuis les régimes de vent des secteurs sud-ouest à ouest. Les vagues locales créées par les vents locaux, sur un fetch de respectivement 37,5 km, 26,2 km, 60,0 km et 37,5 km par de sud, sud-ouest, ouest et ouest-nord-ouest peut créer des vagues d'environ 1,5 m de hauteur et de 4 à 6 secondes de période. Ces houles sont relativement fréquentes car les vents des secteurs ouest soufflent durant plus de 40 % du temps et ont des célérités les plus élevées (plus de 20 km/h). Ces vents peuvent donc engendrer des courants de plus de 25 cm/s le long du littoral et ainsi contribuer au transport des sédiments. De plus, les houles locales qui sont de faibles périodes, peuvent contribuer à un transport littoral significatif par des profondeurs inférieures à 2 m et contribuer à un certain transport par des profondeurs variant entre 2 et 4 mètres. Ce dernier sera entravé par le couvert végétal lorsqu'il existe. Ces conditions hydrodynamiques expliquent le transport sédimentaire en direction du sud-est et la faible contribution de la rivière Bonaventure à la stabilité du système.

7.3.3 L'apport hydrique

La rivière Bonaventure affecte la partie orientale de la zone mais son influence est faible car l'estuaire est occupé la partie orientale du site. Il est caractéristique des estuaires dominés par les houles tel que décrit et classifié par Reinson (1992) et Dalrymple et al. (1992, 1994). En effet, deux flèches sédimentaires obstruent l'entrée de l'estuaire et contribuent à la formation

d'un barachois à l'intérieur. Cet ensemble forme un cône sédimentaire qui laisse supposer que le delta prograde en direction du sud-ouest soit directement dans la baie des Chaleurs où il forme un corps sédimentaire indépendant du système côtier de Saint-Siméon et Bonaventure. La crue qui atteint 502 m³/s transporte des sédiments grossiers par charriage et des sédiments fins en suspension. Les premiers sont canalisés dans des chenaux qui s'enfoncent dans les dépôts de la baie des Chaleurs. De plus, à ce débit s'ajoute un prisme de marée important qui se forme dans le barachois et qui double le volume d'eau qui transite en période de jusant par le chenal externe. Ceci entraîne la formation de dunes hydrauliques de plus de 30 cm de hauteur qui transitent dans ce chenal. Les sédiments fins sont entraînés qu'en à eux, directement au large et vont alimenter les dépôts situés au centre de la baie des Chaleurs.

Trois autres ruisseaux affectent la baie, soit la rivière Petite Bonaventure et les ruisseaux Watt et Gauvreau. La rivière et les deux ruisseaux apportent très peu de sédiments et ont un débit faible. Seuls leurs débits de crue peuvent contribuer à une alimentation sédimentaire d'origine fluviale comme en témoigne les petits deltas qui occupent leurs embouchures. Néanmoins, ces ruisseaux constituent l'une des principales sources d'apport sédimentaire du système littoral.

7.4 LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL

Le système côtier actuel est constitué d'une arrière-plage, d'une plage et d'une avant-plage souvent atrophiées. En effet, la morphologie de la plage montre une bande étroite, où le haut de plage est inexistant. L'avant-plage consiste souvent en une plate-forme rocheuse (platier) rarement recouverte de sédiments. Par endroits, des galets forment un affleurement. Ils proviennent du démantèlement des quais par l'action des vagues.

7.4.1 L'arrière-plage

L'arrière-plage formée d'une ancienne plaine deltaïque d'épandage dont les vestiges apparaissent dans la partie sommitale des sondages (Cloutier, 2003b). L'épaisseur de cette formation sableuse est inférieure à 5 m et sa base est constituée par le faciès de régression. Il est grossier et englobe des sédiments de la taille des graviers et des galets.

La route 132 a été construite sur cette formation et la recouvre presque entièrement à l'exception de certains embryons qui affleurent au pied d'un ancien mur de protection en bois. Ce faciès est alors souvent remanié et se présente sous la forme de dunes actuelles qui persistent çà et là en avant des talus bordant la route.

Ce faciès deltaïque relique est de faible importance, il correspond aux niveaux sableux retrouvés dans les sondages qui ont été pratiqués le long des bas côtés de la route actuelle. Dans ces sondages, les niveaux sableux sont surmontés par le soubassement de la route actuelle. Des embryons de dunes se reforment le long du mur de protection en bois, ceci témoigne que l'érosion actuelle est faible car même en l'absence de quantité importante de sédiments sableux apportée de l'extérieur du système, une partie des sédiments qui transitent sur la plage peut venir reconstituer la dune bordière.

7.4.2 La plage

La plage se développe sur un soubassement constitué de galets et graviers. Ce soubassement peut être peu épais comme au pied du talus constitué des dépôts fluviaux glaciaires. Dans ce cas la plage repose directement sur les sédiments provenant de l'altération du substratum sous-jacent. Le sable constitue alors un film qui peut parfois recouvrir le niveau grossier mais qui bien souvent ne fait que se mélanger à ce dernier. La haute plage est constituée de galets. La moyenne plage représente la limite de la plage sèche et le haut de l'estran. Elle est constituée de sable et de galet. La fraction sableuse est de l'ordre de 80 % en surface mais l'épaisseur de cette couche est généralement de moins de 5 cm et peut atteindre jusqu'à 10 cm. Elle repose alors en discordance sédimentaire sur le niveau de galets et graviers. Elle constitue la couche la plus mobile qui est remaniée par le transport littoral. Ce transport s'effectue d'ouest en est et a pour conséquence de faire transiter les sédiments disponibles (fraction sableuse et à moindre degré, fraction graveleuse) en direction du sud-est.

La basse plage, qui est constituée par le bas estran est composée d'un mélange de sable et graviers. Dans ce mélange la proportion de sable est généralement inférieure à 50 %. Ce sédiment semble provenir de l'étalement des petits cônes deltaïques et d'un remaniement des sédiments sous-jacents. L'ensemble de ce matériel forme la couche transgressive qui est retrouvée au large. Les échanges sédimentaires avec la zone offshore sont faibles car les fonds marins sont colonisés par plusieurs espèces végétales qui piègent les sédiments entraînés au large durant les tempêtes.

7.4.3 Évolution globale du système côtier

Les profils de plage ont été effectués le long du littoral entre la route du Viaduc (st. 24) à l'ouest et la pointe de la flèche du barchois de Bonaventure à l'est (st.50b). La limite nord correspond à la route 132, excepté sur le cordon littoral, où les stations ont été ancrées sur la dune et après l'église de Bonaventure où la limite nord correspond à la rue Beaubassin (route menant au port). La limite sud est fonction de la hauteur de la marée à l'heure de la mesure, mais elle s'étend en général à 50 m du point de départ.

L'évolution du système côtier a été établie à partir de 23 profils espacés de 250 mètres. Un bilan sédimentaire global a été établi en comparant les variations volumiques du profil sur un mètre linéaire entre juin 2001 et juin 2004 sur la base de l'évolution des profils en séparant l'évolution de la haute plage, de la plage moyenne et de la basse plage ou estran. De manière générale ce calcul a été effectué pour l'intervalle 2001-2002 et pour l'intervalle 2002-2004. Pour chaque zone un calcul est donné pour l'ensemble de la période considérée soit 2001-2004.

Par convention, lors de la description, le pied des falaises ou le bas des murs de soutènement est considéré comme point zéro pour toutes les mesures de largeur de plage. Le zéro topographique correspond au niveau moyen de la mer (tableau 2.1) ou niveau moyen de l'eau (NME). L'estran est séparé en « bas estran » de - 77 cm à - 38 cm d'élévation, le « moyen estran » de - 38 cm à 0.0 m d'élévation et le « haut estran » de 0.0 m à 77 cm d'élévation.

Le terme plage découverte est utilisé pour la partie de la plage qui n'est pas recouverte d'eau au moment de la mesure, il ne correspond pas à la largeur de la plage à marée basse. Les variations topographiques observées sur le profil 20 sont très faibles et doivent être considérées en partie comme non significatives car la mesure d'un profil de plage est très délicate et souvent la méthode utilisée peut introduire des erreurs de l'ordre de 5 à 10 cm.

Aussi, le calcul du bilan sédimentaire doit être considéré avec réserve et la quantité de matériel érodé ou déposé doit être considéré comme un ordre de grandeur du sédiment déplacé. Ce calcul est obtenu par superposition des profils de plage successifs, un bilan sédimentaire a été établi en considérant trois secteurs sur la plage, soit la haute plage, la plage moyenne et la basse plage. Une intégration des volumes est effectuée entre deux profils successifs puis cellule par cellule à l'ensemble de la plage. L'ensemble de la plage (24 profils distants de 250 m) considérée représente un linéaire de 8 km de longueur. Le bilan sédimentaire établi représente les volumes des variations de topographies et non le volume de sédiments transportés à travers le système (tableau 7.2).

Tableau 7.2 : Bilan sédimentaire du site de Saint-Siméon et Bonaventure

	Haut de plage (m³)	Plage moyenne (m³)	Basse plage (m³)	Total (m³)
2001-2002	8 700	450	8 700	17 850
2002-2004	3 400	- 600	- 5 500	- 2 700
2001- 2004	12 100	- 150	3 200	15 150

Le total du matériel représente 15 150 m³ soit une érosion de 5 050 m³ par an sur l'ensemble de la plage ou de moins d'un mètre cube par an et par mètre linéaire de la plage. Le volume érodé sur la haute plage représente la plus grande partie du matériel érodé. Cette érosion menace en certains endroits, directement les fondations de la route 132. La plage moyenne est restée stable ou en légère accretion et la basse plage a subi une légère érosion.

7.4.4 Évolution zone par zone du système côtier

Les descriptions des différents secteurs de la plage de Saint-Siméon - Bonaventure sont présentées en regroupant pour chaque secteur les 27 profils de plage (tableau 7.2). L'évolution morpho-sédimentologique de la plage de Saint-Siméon - Bonaventure n'est pas décrite en fonction des différentes périodes de relevés mais représente un état morpho-sédimentologique global.

Le bilan sédimentaire global a été établi, en comparant les variations volumiques du profil sur un mètre linéaire entre juin 2001 et juin 2003 sur la base de l'évolution des profils en séparant l'évolution de la haute plage, de la plage moyenne et de la basse plage ou estran. De manière générale ce calcul a été effectué pour l'intervalle 2001-2002 et pour l'intervalle 2002-2004. Pour chaque zone, un calcul est donné pour l'ensemble de la période considérée soit 2001-2004.

Tableau 7.3 : Les différents sites constituant la plage de Saint-Siméon - Bonaventure

Sites	Zones	Profils
Talus nord-ouest	A	24, 25, 26, 27 et 28
Talus et mur en bois	B	29
Talus et enrochement	C	30,31 et 32
Rivière et delta	D	33 et 34
Plage du cordon de galets	E	35 et 36
Marais est	F	37 et 38
Enrochement devant talus	G	39, 40, 41 et 42
Plage est avec talus	H	43,44
Enrochement	I	45,46,47 et 48
Plage	J	49 et 50

Le zéro topographique correspond au niveau moyen de la mer (MNE). L'estran est séparé en « bas estran » de -77 cm à - 38 cm d'élévation, le « moyen estran » de - 38 cm à 0 cm d'élévation et le « haut estran » de 0 cm à 77 cm d'élévation.

7.4.4.1 Zone A

La zone A est constituée des profils 24, 25, 26, 27 et 28. Sur cette zone, l'arrière-plage est constituée d'un talus dont la hauteur varie de 10 à 17 m de hauteur et dont la pente est de 35° sur la partie nord-ouest pour atteindre 52° au profil 26 et devenir plus douce entre 24 et 28° par la suite. Ce talus subit une légère solifluxion et est colonisée par la végétation. Parfois la base est protégée par un enrochement (profil 24) ou par des débris d'enrochement (profils 25 et 26). Le haut de plage est inexistant. Les autres unités géomorphologiques sont respectivement constituées de graviers sur un fond sableux (haut estran), galets (moyen estran) et de sable ou par le platier rocheux (bas estran et l'avant-plage). Ce dernier est généralement recouvert d'un placage de sable ou par un champ de laminaires (profil 27). Une berme de galets ou de graviers souligne la ligne de PMSGM sur les profils situés au nord-ouest.

7.4.4.2 Zone B

La zone B est constituée du profil 29. Sur cette zone, l'arrière-plage est formée par un talus relativement uniforme dont la pente est de 24°. Au pied du talus, se trouve un ancien mur de protection en bois. Le haut de plage et le haut estran sont composés de graviers et galets. Le moyen estran possède une granulométrie croissante vers le large et se compose de galets (2 à 5 cm de diamètre) et de graviers (0,5 à 2 cm de diamètre), d'une bande de galets (2 à 12 cm de diamètre), puis d'une bande de blocs (12 à 20 cm de large) qui se poursuit sur le bas estran. L'avant-plage montre une alternance de galets fixés par des algues et d'un banc de sable.

7.4.4.3 Zone C

La zone C est constituée des profils 30, 31 et 32. Sur cette zone, l'arrière-plage est constituée d'un talus (24°) diminuant de 13 m à 8 m en se déplaçant au sud-est. Sa base est protégée par un enrochement de 3 m de large. Le haut de plage et le haut estran sont inexistant. Les

moyens et bas estrans sont constitués d'un faciès mixte de sable, graviers et galets. L'avant-plage est entièrement composée de sable puis par un herbier à zostère qui grandit en se dirigeant au sud-est.

7.4.4.4 Zone D

La zone D est constituée des profils 33 et 34. Cette zone correspond au delta externe de la rivière Petite Bonaventure. L'arrière-plage est constituée par un talus colonisé par un herbier (herbes halophile) dense. Les dépôts deltaïques de la haute plage, du haut et moyen estran sont constitués de galets de 2,5 à 5 cm de diamètre alors que sur le bas estran alterne des galets et des blocs (10 à 25 cm de diamètre). En un point particulier, une lentille d'argile deltaïque apparaît en surface (profil 34). L'avant-plage est le siège d'une sédimentation sableuse qui possède des rides de courant, un banc sableux et enfin un herbier.

7.4.4.5 Zone E

La zone E est constituée des profils 35 et 36. Cette zone correspond à la plage du parc de l'Île. Elle résulte du transport des sédiments, sous l'effet de la dérive littorale, depuis l'embouchure de la rivière Petite Bonaventure et constitue la partie marine d'un cordon sédimentaire qui a progradé sur l'ancien marais et dont une partie est actuellement rattachée au littoral par la construction du marais. Le haut de plage correspond à l'ancien cordon de galets qui migrait sur du sable. Le haut de plage est formé de galets. Les haut et le moyen estrans sont composés d'un mélange de sable et de graviers sur la partie haute et de sable et galets plus bas. Le bas estran est constitué d'un pavage continu qui laisse apparaître des fenêtres d'argile. L'avant-plage sableuse est colonisée au large, à 26 m de distance de la plage, par un herbier à zostère. Le profil est stable.

7.4.4.6 Zone F

Cette zone constituée des profils 37 et 38 représente la partie est du marais séparant Saint-Siméon de Bonaventure. Le haut estran est constitué de graviers et de galets, l'estran moyen de galets et la partie inférieure du bas estran d'argile sableuse sur laquelle se trouve des graviers et galets éparpillés et d'herbier à zostère.

7.4.4.7 Zone G

La zone G est constituée des profils 39, 40, 41 et 42. Sur cette zone, le haut de plage est composé de graviers et de sable grossier ou de galets (profil 40). Les haut et moyen estrans sont constitués de sable ou de graviers dont la granulométrie est croissante vers le large. Parfois des fenêtres d'argiles apparaissent (profil 41). Le bas estran débute à 21 m. Il est composé d'une bande de sable de 5,7 m de large, puis d'un herbier à zostères sur des galets et graviers. La variation volumique entre le mois de juin et le mois d'août correspond à une accretion sur l'ensemble de la zone.

Au niveau du profil 42, l'arrière-plage est formée d'un talus enroché sur toute sa hauteur. Le haut de plage est constitué de sable fin et le haut estran de sable grossier et d'un banc de graviers qui se poursuit sur le moyen estran. Plus bas, les graviers laissent leur place à des

galets, suivi de graviers et de blocs. Le bas de plage est formé par un affleurement argileux et au large d’herbier à zostères. Cette zone est en accretion.

7.4.4.8 Zone H

La zone H est constituée des profils 43 et 44. Cette zone est située de part et d’autre d’un ancien quai dont les vestiges forment au large un banc de gravier intertidal. Cet ancien quai fait épi et piège en haut de plage et en haut estran du sable parsemé de galets. Ce faciès se prolonge sur le moyen estran où il change progressivement pour devenir un faciès mixte de sable grossier et de graviers et enfin un faciès de graviers (2 mm de diamètre). Le bas estran est constitué à l’ouest du quai par un mélange de graviers (2 cm de diamètre), de galets et de blocs puis sur l’avant-plage par un herbier à zostères entrecoupé d’un banc de sable et galets. À l’est, le bas estran et l’avant-plage sont constitués de sable bioturbé possédant des rides de courant puis d’un mélange de sable et galets (5 cm de diamètre). La fin du bas estran est couverte d’un herbier à zostères. La variation volumique montre une érosion à l’ouest et une accretion à l’est.

7.4.4.9 Zone I

La zone I est constituée des profils 45, 46, 47 et 48. Sur cette zone l’arrière-plage est formée d’un enrochement de 5 à 6 m de large et de 2 à 3,4 m de haut. Le haut de plage et le haut estran sont inexistantes (profil 45). Les moyen et bas estrans sont composés de sable moyen ou sable grossier, de graviers, de galets et de blocs (15 à 30 cm de diamètre). L’avant-plage est entièrement recouverte par un herbier à zostère qui laisse apparaître des placages de sable ridés ou de galets. La variation volumique montre une stabilité de la zone.

7.4.4.10 Zone J

Cette zone, représentée par les profils 49 et 50, est située à l’est de l’hôtel Château-Blanc sur la pointe de Beaubassin. Le haut de plage se présente sous forme d’une petite dune sableuse et le haut estran est constitué de galets sur du sable, le moyen estran de graviers sur du sable et le bas estran graviers sur sable puis graviers. La zone subit une légère accretion.

7.4.4.11 Synthèse de l’analyse des profils

Sur l’ensemble des 27 profils, 19 montrent un bilan sédimentaire négatif, 7 montrent un bilan sédimentaire positif et un seul montre un profil stable. Tous les profils effectués le long de Saint-Siméon sont en érosion, à l’exception du profil stable (33) qui se trouve juste à l’ouest d’un ancien quai. L’accumulation de matériaux (engraissement de la plage) se produit à l’est du marais de Saint-Siméon. Ces profils sont constitués par de la vase dans le bas estran ou dans l’avant-plage.

7.4.5 Bilan sédimentaire zone par zone

Le total est de 11 131m³ en trois ans soit 3 710 m³ par an. Or, cette érosion n’est pas constante sur tout le site. Les talus s’érodent beaucoup plus vite que le restant du site. Les talus et haut de plage du nord-ouest perdent 14 158 m³ alors qu’une partie de ce matériel est momentanément stocké sur la basse plage (850 m³). L’ensemble de la basse plage et le reste de

la haute plage ont gagné 3 027 m³ principalement au niveau de la haute plage, proche et à l'est du delta (1892 m³). Sur ces mêmes secteurs (D,E et F) la basse plage subit une érosion (1 724 m³), le matériel érodé est venu engraisser le bas de plage du secteur G et probablement l'intérieur du marais, en particulier la flèche sablo-graveleuse qui a tendance à s'allonger.

La partie sud-ouest (secteurs H et I) subit une érosion faible (3 048 m³), une partie du matériel érodé est venue se sédimenter sur la zone J située proche de la digue du port (945 m³) et une partie a dû continuer son transit et alimenter la flèche sous-marine qui prolonge au large la digue ouest d'entrée du port. Ainsi une partie du matériel érodé au niveau des talus alimente les parties protégées de la rive. Une partie non négligeable qui est constituée de matériel fin est exportée au large ou à l'intérieur de marais. Cette fraction transite en suspension et n'est donc pas présente au niveau de la plage. L'apport d'éléments grossiers provient de l'érosion des talus et des ruisseaux, la rivière Bonaventure ne contribue pas à l'alimentation du littoral nord-ouest.

Tableau 7.4 : Bilan sédimentaire zone par zone

Sites	Zones	Haut de plage (m ³)	Bas de plage (m ³)	Total (m ³)
Talus nord-ouest	A	5 271	1 051	4 220
Talus et mur en bois	B	2 465	- 850	3 315
Talus et enrochement	C	6 422	115	6 537
Rivière et delta	D	- 1 124	1 150	26
Plage du cordon de galets	E	- 763	268	- 943
Marais est	F	- 5	306	301
Enrochement devant talus	G	370	- 1 240	- 870
Plage est avec talus	H	85	360	425
Enrochement	I	327	2 296	2 623
Plage	J	- 945	0	- 945

7.4.6 L'avant-plage

L'avant-plage a fait l'objet d'une cartographie réalisée à partir des différents appareils sismiques et trois résultats principaux en ont été extraits soit la carte bathymétrique, la nature sédimentologique des fonds et la carte topographique du toit du substratum rocheux.

7.4.6.1 Bathymétrie du site

Alors que les courbes bathymétriques sont très rapprochées sur la partie nord-ouest du site d'étude, devant Saint-Siméon (figure 7.7), la pente devient de plus en plus douce à partir du marais de Saint-Siméon, au fur et à mesure du déplacement vers la partie sud-est. Une vallée, située en avant de la municipalité de Bonaventure, indique que la rivière Bonaventure a migré au sud-est pour établir son estuaire actuel.

7.4.6.2 Sédiments de surface

Les sédiments de surface sont contrôlés par la nature des formations sous-jacentes (figure 7.8) et par la densité du couvert végétal. Les sables, contenant des graviers et galets forment la presque totalité des sédiments de surface. Le substratum rocheux affleure au sud-ouest de la

zone. Le couvert végétal est continu sur la partie nord-est et discontinu sur la partie centrale où il se forme tantôt à la côte tantôt par des profondeurs de 2 à 3 m.

7.4.6.3 Toit du substratum rocheux

Le substratum rocheux pend en direction du large (figure 7.9) sa pente est plus prononcée à l'ouest, entre Saint-Siméon-Ouest et Saint-Siméon-de-Bonaventure, qu'à l'est. Il est profondément échancré par le système de drainage mis en place durant la chute du niveau marin. Deux vallées principales apparaissent, la première dans l'axe du marais de Saint-Siméon et la deuxième dans l'axe de l'ancienne sortie de la rivière Bonaventure.

7.5 ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER

L'avant-côte est contrôlée par la pelouse à zostère, depuis des profondeurs de 1 m. Aussi, le transport dans le profil est limité car les sédiments entraînés au large sont piégés par les formations végétales. L'avant-côte et la zone offshore sont constituées par le cortège de sédiments transgressifs qui sont formés de graviers et galets. La couche sableuse de surface provient de l'érosion des fractions sableuses de la plage. Le substratum rocheux contrôle la partie sud-ouest de l'avant-côte. La quantité de sédiments érodée sur la plage est faible et elle provient de mouvements gravitaires et non d'une érosion marine.

7.6 EFFET DES OUVRAGES DE PROTECTION

La construction d'enrochement le long de la route 132 a pour but de réduire l'érosion de l'arrière-plage comme c'est le cas pour le mur de protection en bois. Or, l'arrière-plage ne constitue plus une réserve sédimentaire pour le profil de plage. Ce dernier représente un profil relique très peu alimenté par des apports externes. La présence des zostères le long du littoral témoigne que les sédiments piégés ne sont pas réintroduits dans le système durant les périodes calmes.

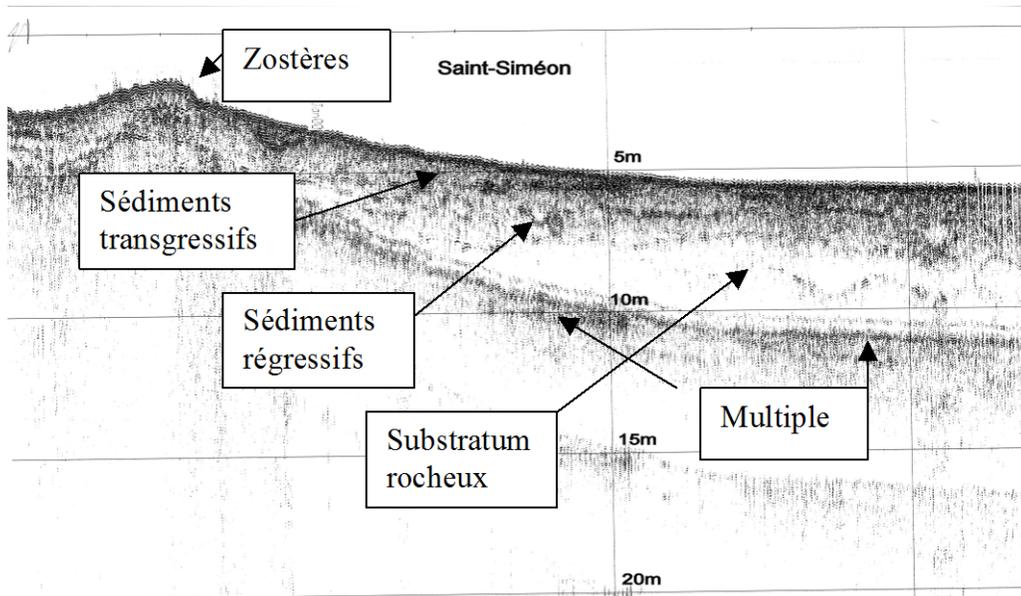


Figure 7.3 : Couche de surface recouverte de zostères

L'espace entre deux lignes verticales est de 240 m. Le profil présenté est perpendiculaire à la côte, au droit du marais de Saint-Siméon.

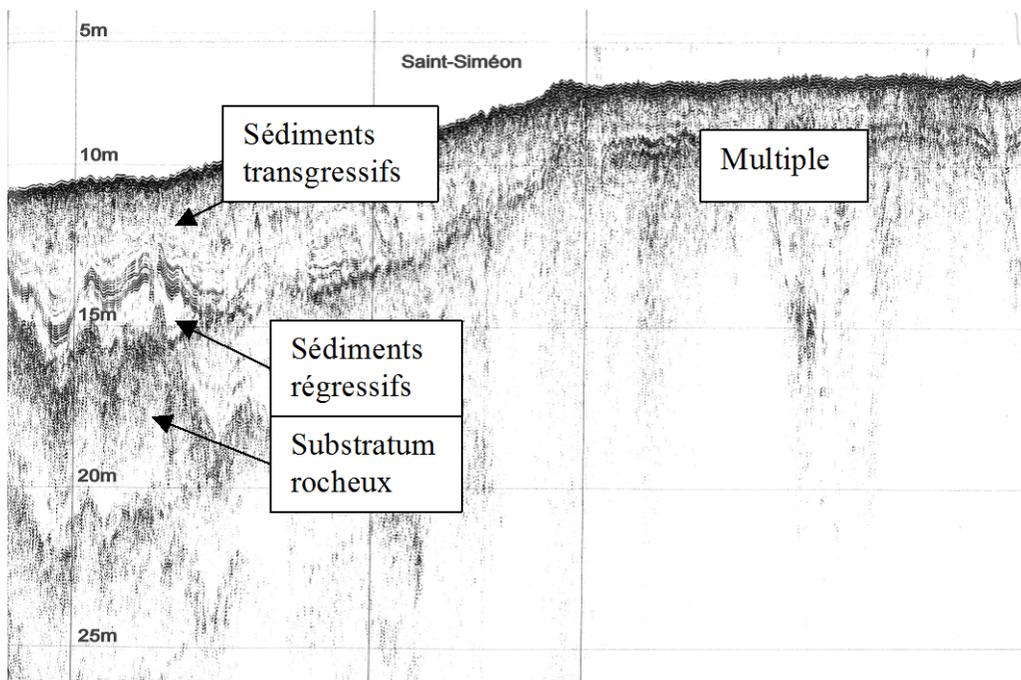


Figure 7.4 : Vallée sous-marine comblée par des sédiments transgressifs

Le profil est parallèle à la cote au sud du marais de Saint-Siméon.. Les sédiments transgressifs sont surmontés par la couche de remaniement de surface.

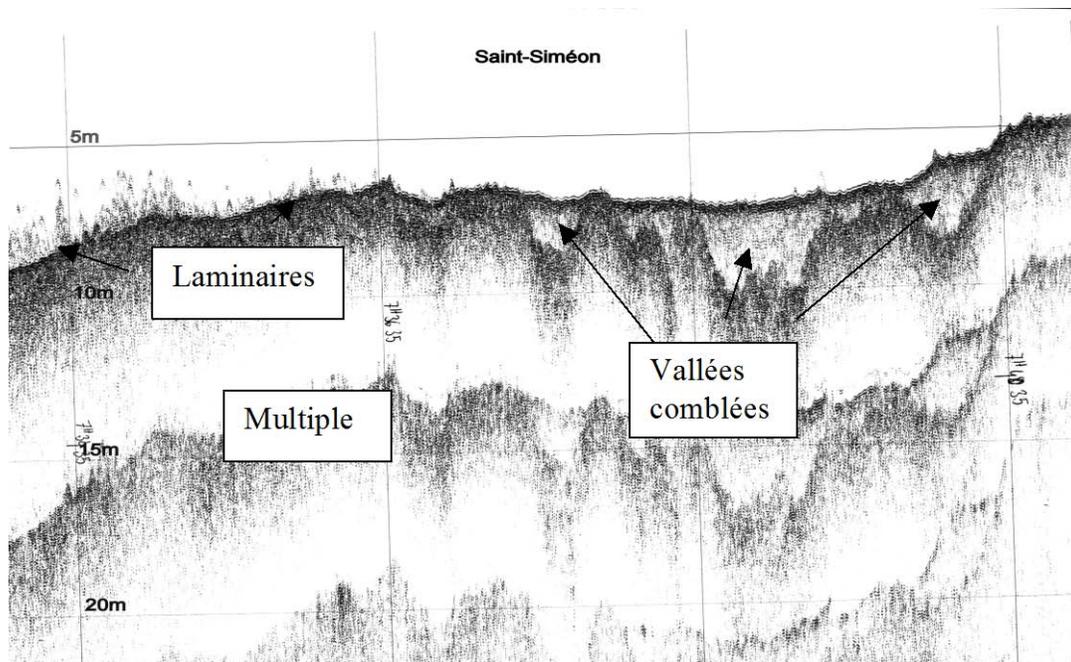


Figure 7.5 : Profils dirigés du large à la côte

Le profil met en évidence les méandres des anciennes vallées régressives. Au large, les laminaires recouvrent le substratum rocheux affleurant. Proche de la côte, trois vallées primaires sont comblées par des sédiments. Par moins de 5 m de profondeur, les laminaires disparaissent.

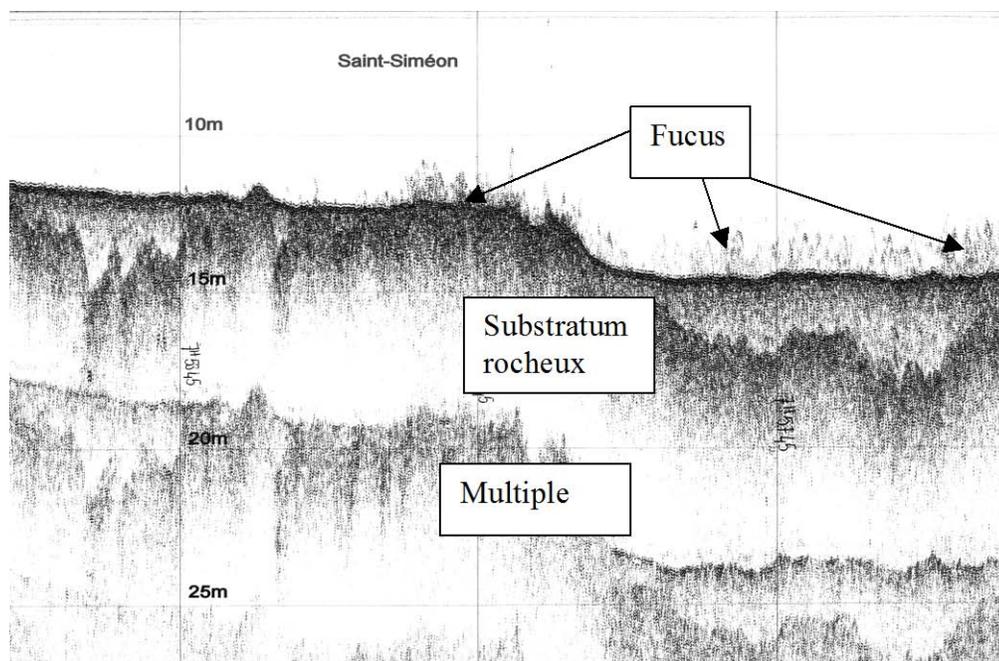


Figure 7.6 : Laminaires se développant sur un substrat de galets

Les laminaires se développent au-dessus des sédiments de remplissage et sur le substratum rocheux.

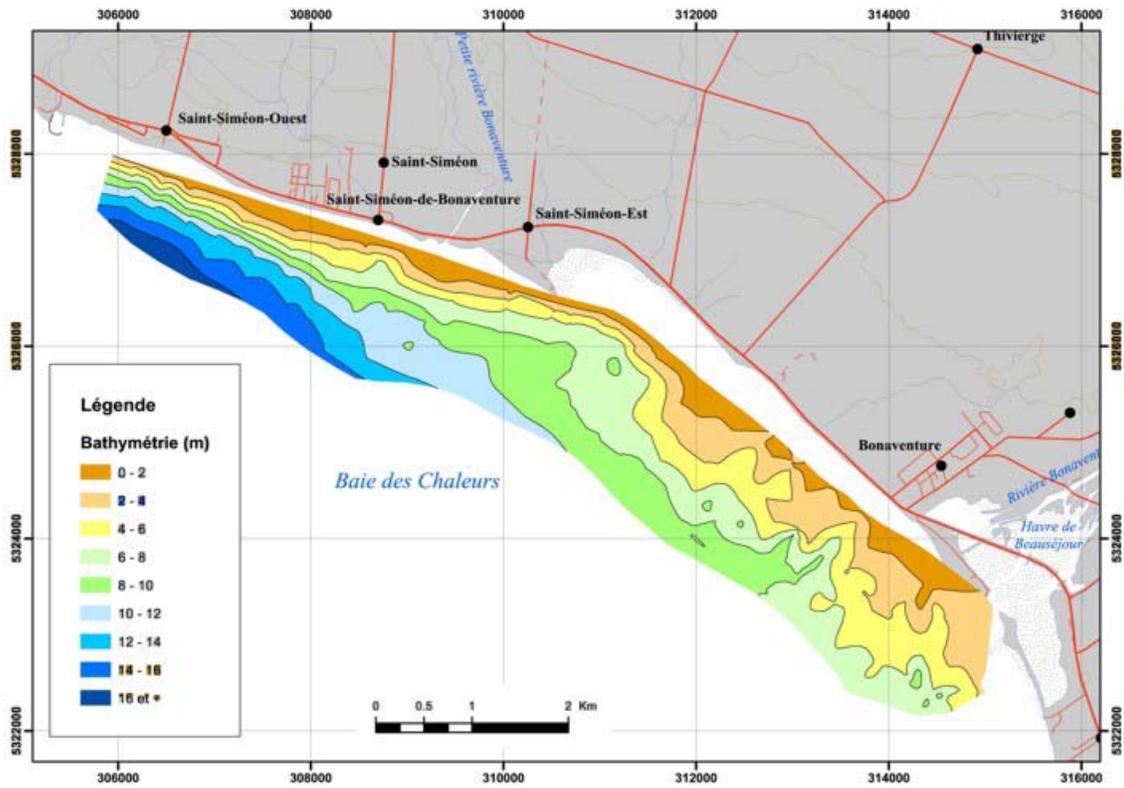


Figure 7.7 : Carte bathymétrique du site Saint-Siméon – Bonaventure

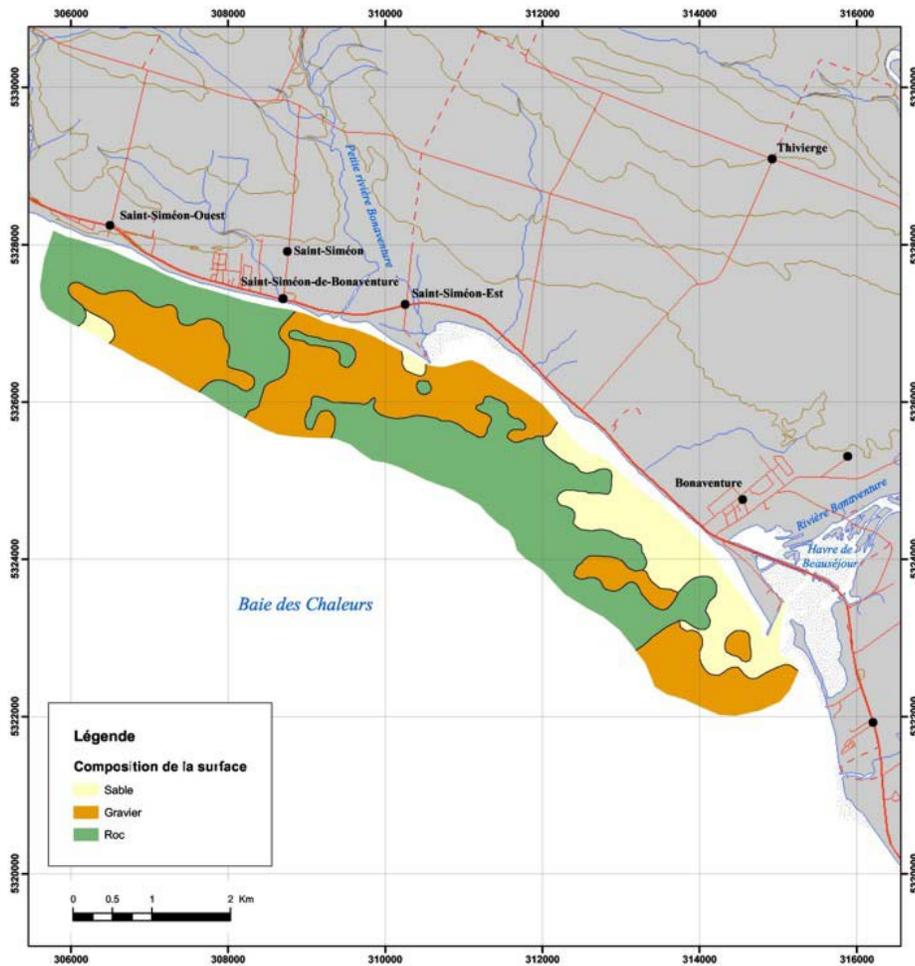


Figure 7.8 : Distribution des sédiments de surface sur le site de Saint-Siméon – Bonaventure

Le substratum rocheux affleure ou subaffleure en de nombreuses places le long du littoral. Néanmoins, lorsqu'il subaffleure, il est souvent recouvert par un dépôt détritique (Lag) qui le nappe sur quelques centimètres d'épaisseur et qui provient de son altération sur place.

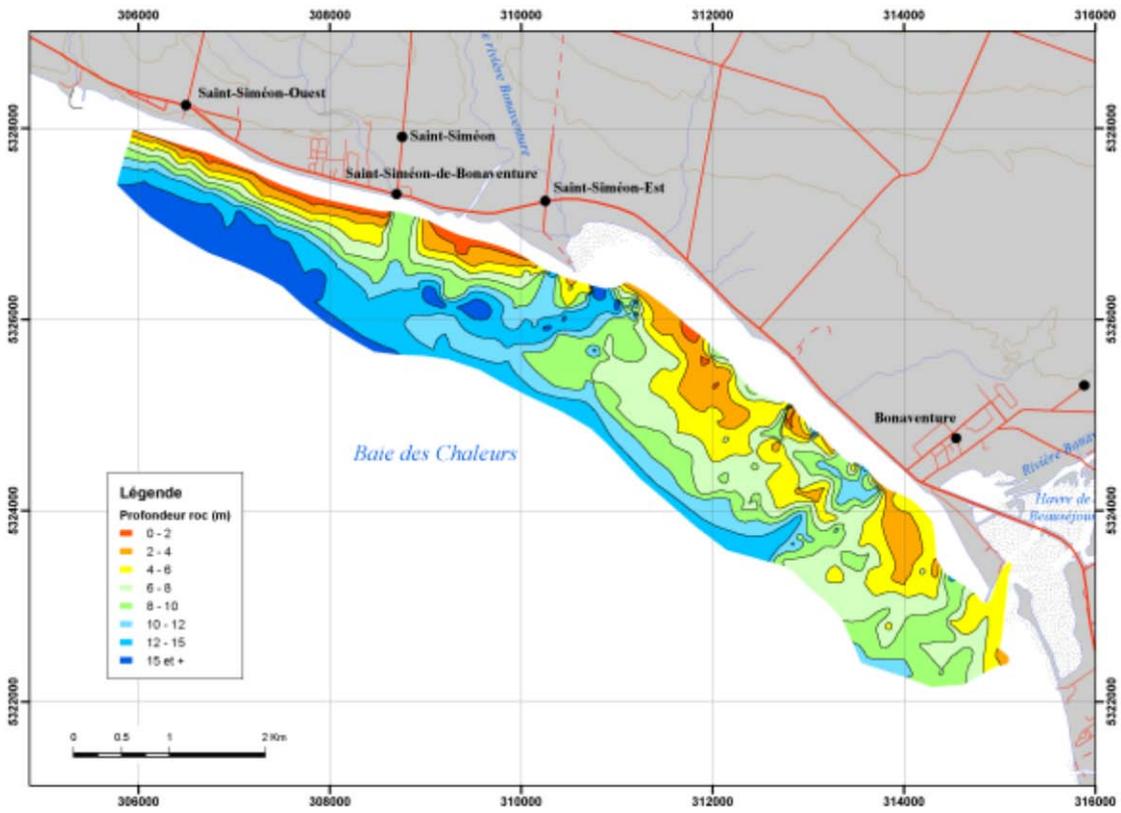


Figure 7.9 : Profondeur du toit du substratum rocheux à Saint-Siméon - Bonaventure

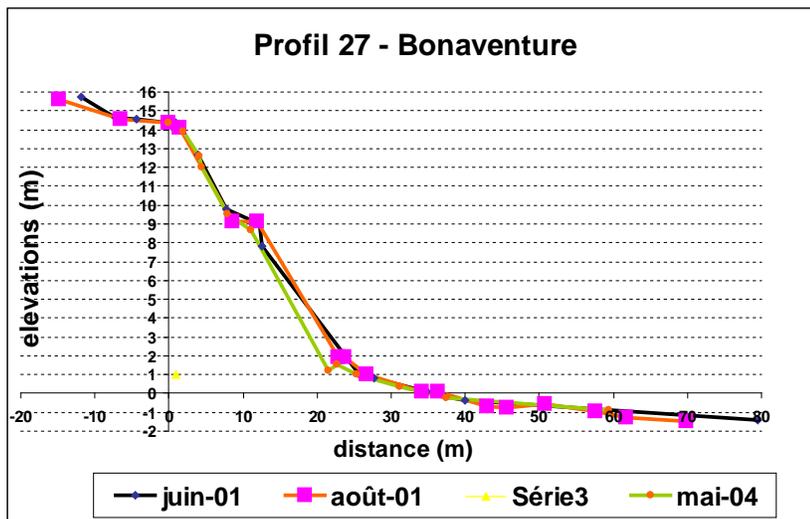


Figure 7.10 : Profil topographique type du site Saint-Siméon - Bonaventure

8 SITE DE NEWPORT

8.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Le site de Newport se situe à 20 km à vol d'oiseau à l'ouest de Chandler, dans la MRC de Rocher - Percé, dans l'anse à Blondel (figure 8.1). Cette baie est délimitée par deux pointes rocheuses, à l'est la pointe rocheuse qui abrite le port, et à l'ouest la pointe rocheuse qui se trouve en avant du centre du village de Newport. À l'intérieur de l'anse à Blondel, il existe une anse secondaire, l'anse de Newport qui se divise en deux sous anses : l'anse ouest et l'anse est (figure 8.2). Le site d'étude est en relation avec l'anse est et la falaise comprise entre cette dernière et l'anse à Blondel. Le fond de l'anse à Blondel est fermé par un petit barachois, alors que dans l'anse de Newport s'appuie sur une falaise en érosion, constituée de schistes en position sub-verticale (Daigneault, 2001). Les sédiments du pied de falaise proviennent de l'érosion des falaises. Ils forment une plage étroite, limitée à la zone intertidale.

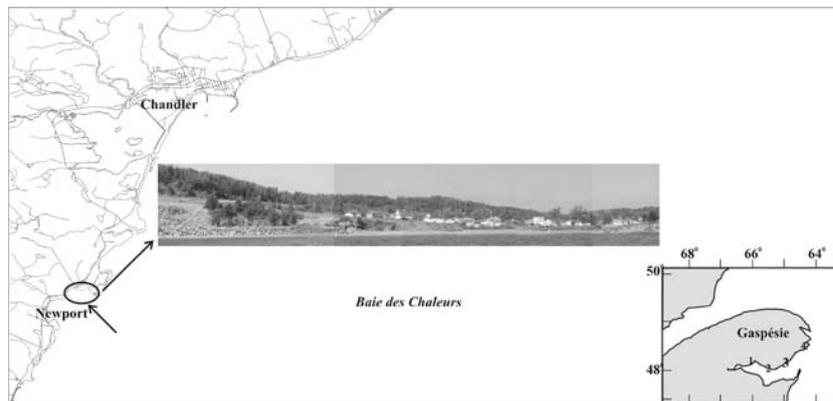


Figure 8.1 : Situation géographique de Newport

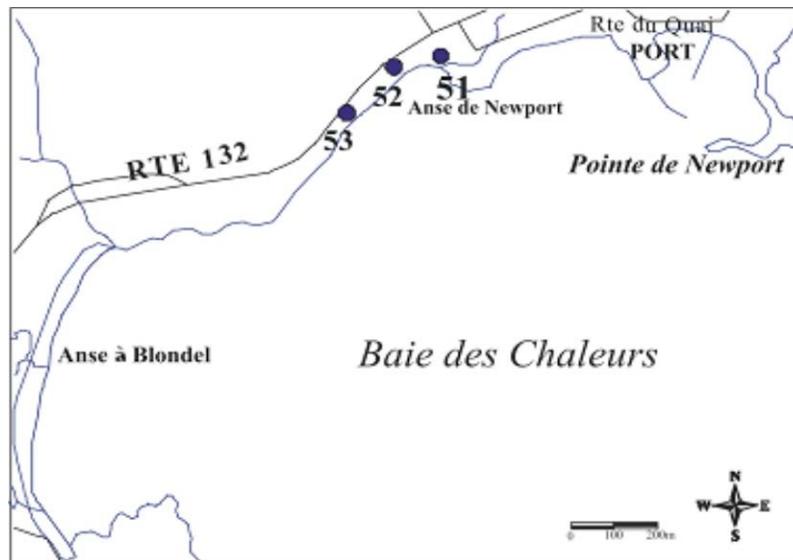


Figure 8.2 : Localisation des têtes de profils à Newport

8.2 CADRE GÉOLOGIQUE

8.2.1 Le substratum rocheux

Le substratum rocheux du site de Newport appartient aux roches Paléozoïques de l'orogénèse appalachienne (Williams, 1995; Brisebois et Brun, 1994). Le Paléozoïque précoce ou inférieur du Cambro-Ordovicien (Zones de Humber et de Dunnage) affleure à Newport, il est représenté par les roches de la Boutonnière de Maquereau. Ces affleurements sont constitués généralement de roches volcaniques et sédimentaires, plissées et métamorphisées (faciès des schistes verts). Dans l'arrière pays des orthogneiss et des amphibolites forment la bordure du Groupe de Maquereau et les roches sédimentaires rencontrées sont des mudstones, siltstones, grès, arkoses et conglomérats.

Le cadre sédimentologique est défini à partir d'une seule carotte (st 52). Pour les autres stations, il a été impossible de pénétrer le sédiment, autant par carottage que par tranchées (blocs durs). Trois échantillons sont prélevés par profil pour les analyses granulométriques, lors de chaque mission, soit un total de 18 prélèvements. Des mesures des structures sédimentaires (croissants de plage) observées sur le haut de plage ont été effectuées simultanément aux levés de plage.

8.2.2 La couverture sédimentaire

Dans la baie des Chaleurs en général et sur le site de Newport en particulier, les dépôts quaternaires reflètent l'évolution des mouvements relatifs du niveau marin au cours de l'Holocène. Entre 12 ka BP et 8 ka BP le rebond eustatique qui fit suite à la période d'englacement, a provoqué une baisse relative du niveau marin entre +15 m et -20m. Depuis 8 ka BP le niveau marin relatif est remonté pour atteindre son niveau actuel. Il est principalement monté jusqu'à 4 ka BP de -20 m à -2m pour se stabiliser (2 mètres en 4000 ans). La limite de l'invasion marine date de 12,4 ka BP et est équivalente à celle observée en arrière de Bonaventure (Gray, 1987), soit +46 m. Cette variation du niveau marin a permis la mise en place de deux cortèges sédimentaires distincts soit les sédiments des cortèges régressifs et transgressifs.

Ces faciès du cortège régressif correspondent à la phase de remontée glacio-eustatique. Sur le site de Newport ils apparaissent à terre sous la forme du talus fluvio-glaciaire constitué de matériaux hétérogènes dans la partie orientale de l'anse de Newport. Au large, ils sont pratiquement absents, ils ne forment qu'une mince couche basale qui apparaît le long de la vallée sédimentaire (figure 8.8).

Les faciès du cortège transgressifs se retrouvent en mer et au fond de l'anse à Blondel. Ces faciès de dépôts ont été mis en place alors que le rebond glacio-eustatique était terminé et que la transgression marine holocène continuait. Ils se traduisent par des sédiments de remplissage de la petite vallée fluviale et par une faible couche de remaniement entre la vallée fluviale et l'anse de Newport. Il affleure en mer entre l'isobathe des -10 m et le littoral.

8.3 CADRE HYDRODYNAMIQUE

8.3.1 Les marées

Dans la baie des Chaleurs les marées sont mixtes, de type demi-diurnes et sont influencées par la position des deux points amphidromiques qui sont situés au sud des îles de la Madeleine (onde semi-diurne) et au large de l'île du Sable (onde diurne). Le marnage à New-Port est équivalent à celui de Port-Daniel; il est de type microtidal et son amplitude est de 1,26 m en morte eau et 1,83 m en vive eau. Le niveau moyen des mers est situé à 0,85 m au-dessus du niveau marégraphique. Durant le flot, les courants sont plus intenses sur la rive nord alors que durant le jusant ils sont plus intenses sur la rive sud. Ces deux courants opposés permettent la mise en place d'une gyre cyclonique dans la baie.

8.3.2 Les houles

Le régime des houles à l'entrée de la baie des Chaleurs est caractérisé par le régime des houles qui existe dans le golfe du Saint-Laurent. La hauteur significative de la houle de tempête est de 2,1 mètres et sa période est de 9 secondes. Durant les tempêtes exceptionnelles, à l'entrée de la baie, les houles extrêmes peuvent atteindre 4,9 m de hauteur significative et 9 secondes de période (Syvitski, 1992). Or, le site est ouvert aux houles provenant des secteurs est-sud-est à sud-sud-ouest et ne reçoit donc pas les houles d'ouest, qui sont mises en place par les vents dominants. Par contre le site reçoit les houles d'est, provenant du golfe du Saint-Laurent. De plus, il reçoit les houles locales qui soufflent sur la baie des Chaleurs et qui possèdent des fetchs allant de 30 à 45 km.

Tableau 8.1 : Fetchs effectifs sur le site de Newport

Direction	Fetch (Km)
SSO	45
S	30
ESE	232
E	330

Ce site est de haute énergie, il est dominé par les houles comme en témoigne le large platier rocheux ouest, faiblement colonisé, l'absence de zostères dans la zone sableuse, une plage sableuse possédant une pente significative et une côte schisteuse érodée. Ce site peut subir, à un moindre degré que le site de Cap-d'Espoir, les tempêtes dues aux remontées des tempêtes tropicales comme celles décrites par Forbes et al. (2004) ou mesurées dans le cadre de cette étude à l'Anse-à-Beaufils.

8.3.3 L'apport hydrique

L'apport hydrique est négligeable car le débit du petit ruisseau qui se jette dans la mer dans la partie interne de la baie est très faible. Seules des eaux de ruissellement viennent altérer les sédiments de la partie ouest de l'anse de Newport.

8.4 LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL

Seuls trois profils sont nécessaires pour pouvoir comprendre l'ensemble du système. Les stations ont été implantées sur l'arrière-plage quand celle-ci existe ou au-dessus de l'empierrement. L'avant-plage est relativement abrupte, ce qui limite l'extension des profils en direction du large. Les profils ont été relevés en été, en juin et août 2001 et en mai 2004, soit trois fois sur chacun des 3 profils.

8.4.1 L'arrière-plage

L'arrière-plage est constituée de falaises rocheuses de 13 à 24 m de hauteur et d'un talus fluvio-glaciaire, de 7 à 10 m de hauteur, collé sur les formations schisteuses. L'apport sédimentaire de l'arrière-plage est donc très limité. Par endroit, partie ouest du site, la falaise schisteuse descend jusqu'à l'avant-plage et est directement en contact avec l'action des houles.

8.4.2 La plage

Le cadre sédimentologique est défini à partir d'une seule carotte (st 52). Ailleurs, la taille des sédiments (galets et graviers) ou la présence du substratum rocheux a rendu impossible tant les carottages que les creusements de tranchées. Trois échantillons sont prélevés par profil pour les analyses granulométriques, lors de chaque mission, soit un total de 18 prélèvements. Des mesures des structures sédimentaires (croissants de plage) observées sur le haut de plage ont été effectuées simultanément aux levés de plage.

La largeur de la plage varie de 12 à 22 m le long du talus et se rétrécit pour disparaître au droit de la falaise. Au pied des nouveaux ouvrages de confortement de la route 132, un enrochement a été mis en place. Cet enrochement protège principalement le pied de la falaise, où la plage était inexistante. Il se conduit alors comme le pied de falaise et il n'altère pas la plage située immédiatement à l'est, au pied du talus.

8.4.3 Évolution globale du système côtier

Trois profils espacés de 70 m et 100 m, ont été suivis deux fois en 2001 et une fois en 2004. Les stations ont été implantées sur l'arrière-plage quand celle-ci existe, ou au-dessus de l'empierrement (figure 8.3).

Par convention, lors de la description, le pied des falaises ou le bas des murs de soutènement est considéré comme point zéro pour toutes les mesures de largeur de plage. Le zéro altimétrique correspond au niveau moyen de la mer (MNE).

8.4.3.1 Profil 51

La station est située au pied de la falaise schisteuse, sur la partie est du site. Le haut de plage est constitué de sable grossier, le haut estran de sable fin et de graviers, le moyen estran de sable grossier et le bas estran de sable grossier, de galets et de blocs. Aucune berme n'a été observée ce qui démontre le caractère de faible énergie de ce site qui est protégé du large par la pointe de Newport.

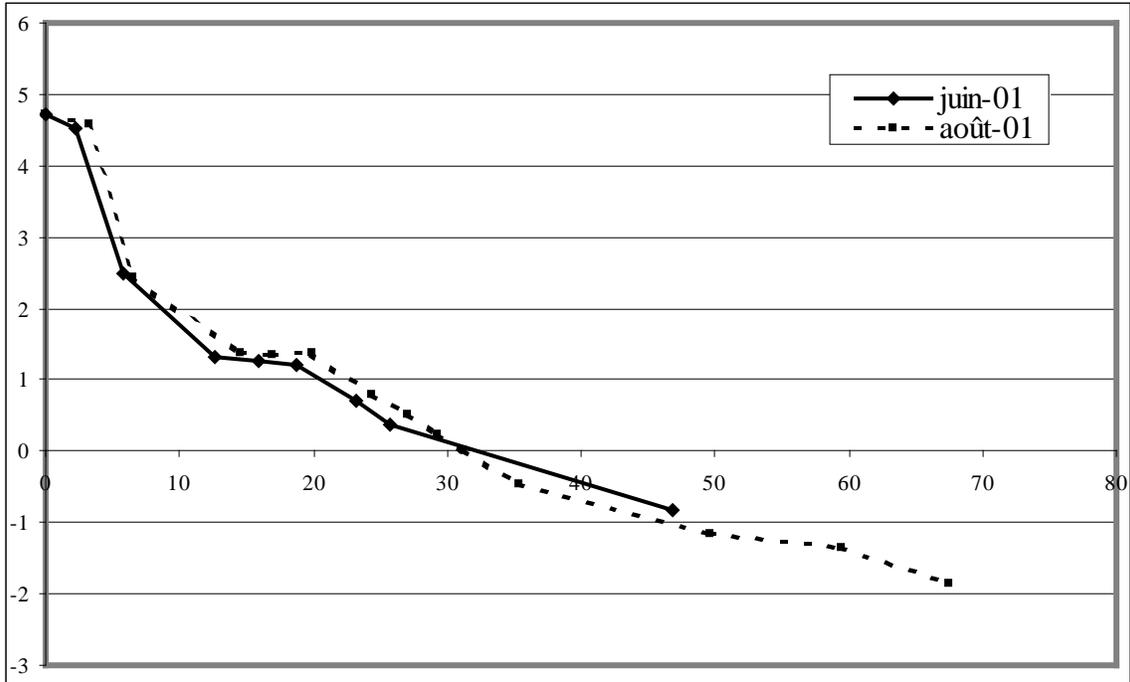


Figure 8.3 : Variation du profil central en 2001

8.4.3.2 Profil 52

La station est située au centre du talus fluvio-glaciaire, l'arrière-plage est constituée par un talus abrupt de 6,3 m de haut possédant une pente de 41°. Le haut de plage et le haut estran sont inexistants. Le moyen estran est constitué de sable grossier, de sable fin et graviers. Le bas estran est composé par un faciès mixte de sable, graviers et galets.

8.4.3.3 Profil 53

La station est située au pied de la falaise ouest. L'arrière-plage est constituée par une falaise dont le pied est entièrement enrochée. Le haut de plage et l'estran sont inexistants. L'avant-plage est constituée de sable, de galets et d'un mélange de sable et de blocs provenant de l'enrochement.

8.4.4 Bilans sédimentaire global

Un seul bilan global a été défini sur le site de Newport car le site, à l'inverse des sites de Maria et Bonaventure, ne présente qu'une seule unité morphologique. Le bilan global a été établi par zones : haut de plage, plage moyenne et basse plage pour la période 2001 à 2004 (3 ans). La haute plage a subi une érosion (- 612 m³) alors que la moyenne et basse plage a subi une sédimentation de respectivement 1150 et 210 m³. Le bilan total se traduit par une sédimentation de 748 m³ en trois ans soit 249 m³/a. Cette quantité est négligeable car elle représente 1,28 m³/a et par mètre linéaire de littoral. Cette sédimentation est probablement due aux empierrements qui diminuent le transport littoral, en formant un épi sur la partie nord-ouest de la plage.

8.4.5 L'avant-plage

8.4.5.1 Bathymétrie

La bathymétrie de la baie de Newport (figure 8.4) reflète partiellement la morphologie du toit du substratum rocheux. Une vallée forme la partie nord-est du secteur alors que la partie sud-est descend progressivement. Elle suit la descente du substratum rocheux. Sur la partie nord, la vallée a été partiellement à complètement colmatée. Dans ce dernier cas, un faciès grossier constitué de graviers et galets, forme la couverture de surface.

8.4.5.2 Sédiments de surface

Les sédiments présents en surface (figure 8.5) correspondent aux sédiments formant une petite vallée qui prolonge au large le barachois (figure 8.7) et qui est connectée au niveau de l'anse de Newport à l'affleurement fluvio-glaciaire qui affleure le long du talus de la partie sud de l'anse de Newport. La surface de cette vallée est sableuse en surface dans sa partie interne et graveleuse dans sa partie externe. Cette variation granulométrique s'explique par le fait que cette vallée n'est plus active actuellement et que les sédiments se sont mis en place durant la chute du niveau marin. Le matériel était alors un sédiment sableux contenant des éléments grossiers (graviers et galets). Sur la partie externe, l'augmentation de l'énergie des houles provoque un remaniement des sédiments et seuls les matériaux les plus grossiers subsistent. Plus à la côte, des sédiments transgressifs se sont déposés dans la partie plus calme. Des sédiments sableux qui sont remaniés par les houles peuvent former un film de surface sur le platier rocheux. L'épaisseur de ce film est inférieure à 30 cm et apparaît comme un revêtement sableux au sonar à balayage latéral alors qu'il n'apparaît pas en sismique réflexion car son épaisseur est inférieure à la limite de détection de l'appareillage. Partout ailleurs, le substratum rocheux affleure (figure 8.6) et il peut être colonisé par des algues. Les laminaires sont peut nombreuses par petite profondeur car l'énergie des houles est trop importante. De même, les pelouses de zostères sont inexistantes.

8.4.5.3 Épaisseur des sédiments

La couche sédimentaire de surface (figure 8.7) est très faible ou inexistante, excepté au niveau de la vallée (figure 8.8) où elle peut atteindre quelques mètres d'épaisseur. Ceci confirme que l'ensemble du secteur est sous alimenté par l'érosion côtière. Par contre, la paléo-vallée est profonde, elle suivait une incision dans le substratum rocheux. Sa profondeur atteint 40 m (figure 8.8). Sa sortie au large se fait immédiatement au sud du port et elle se prolonge en amont, en direction de l'anse à Blondel. L'absence de données sismiques par petit fond, le long du rivage de l'anse à Blondel, ne nous permet pas de déterminer sa morphologie dans la partie amont du site.

8.4.5.4 Toit du substratum rocheux

Le toit du substratum rocheux (figure 8.8) reflète les différents épisodes qui l'ont façonné, il est relativement plat avec un léger pendage en direction du large. Sur la partie nord-est, il est entaillé par une vallée fluviale qui remonte jusqu'au littoral. Cette vallée témoigne de la période d'érosion qui a créée la baie des Chaleurs. Cette érosion était très importante car la

base de la vallée est à la cote -60 m ce qui correspond probablement à une érosion aérienne durant la phase post-appalachienne ou durant la phase glaciaire.

8.5 ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER

Le système côtier du site de Newport est très stable. L'érosion de la falaise qui a conduit aux travaux le long de la route 132 est une érosion autant atmosphérique que marine. La falaise s'érode sous l'influence des facteurs climatiques car les houles affectent le site durant les tempêtes sans créer d'importants changements. La zone marine qui est sous l'influence de l'érosion de la falaise comprise entre l'anse à Blondel et l'anse de Newport, se limite à la frange côtière située au pied de la falaise. L'apport sédimentaire est très faible ou inexistant et les variations topographiques observées sur la plage ouest de l'anse de Newport reflètent des variations dans le profil avec l'avant-côte et est en relation avec les profils de tempêtes et post-tempêtes. Le talus qui existe en arrière des profils 51 et 52, est très pentu et possède un risque moyen de glissement. Par contre, l'arrière-plage du profil 53 est stable.

Les constructions de confortement qui ont eu lieu le long de la route 132 ont eu un impact négligeable sur l'habitat marin car elles ont été effectuées principalement sur l'effleurement schisteux. Sur la plage, l'enrochement repose sur le substratum rocheux, il ne change donc pas la morphologie du site. Son impact sur la plage est très faible car la plage est stable ou en légère sédimentation.

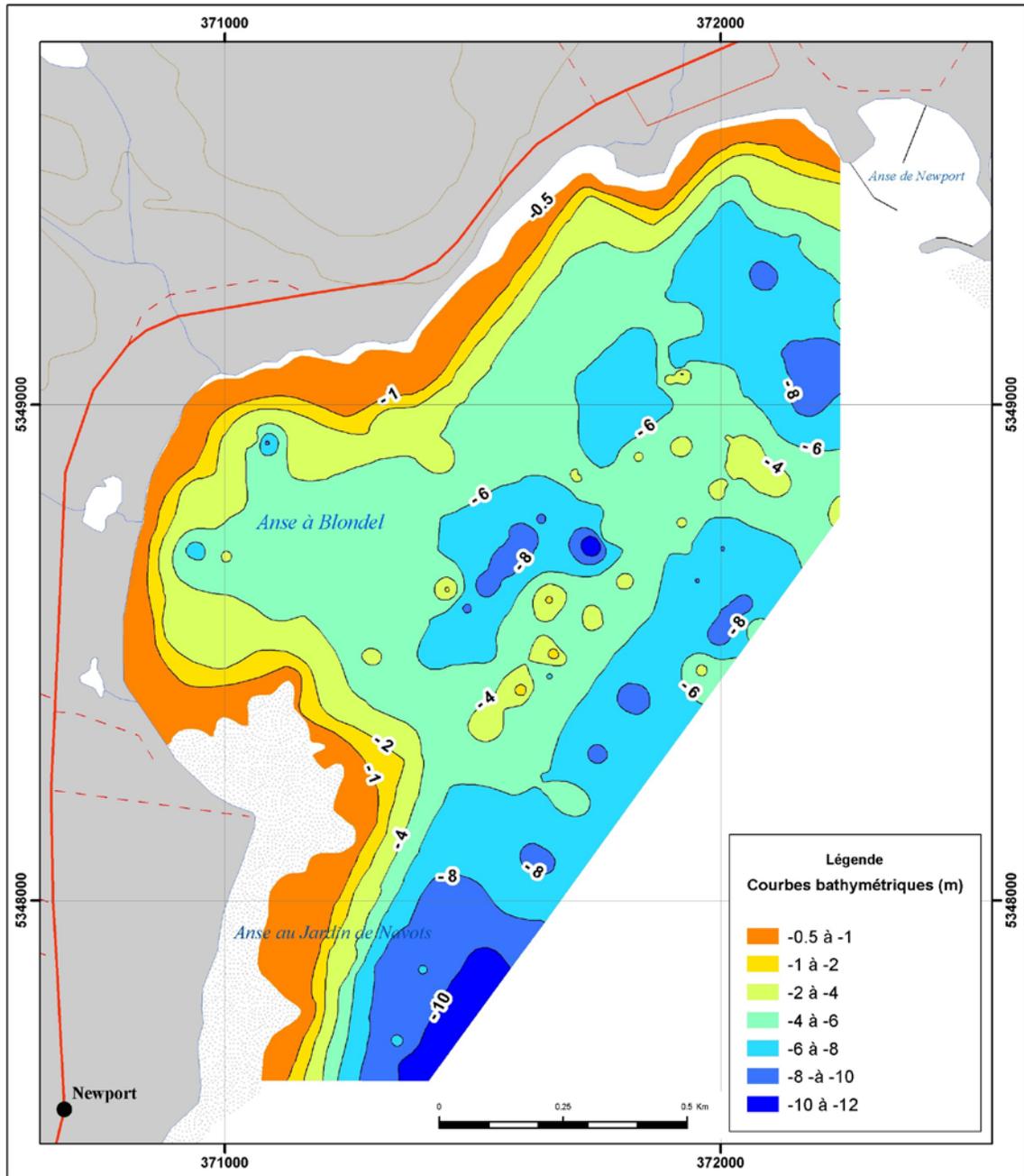


Figure 8.4 : Carte bathymétrique du site de Newport

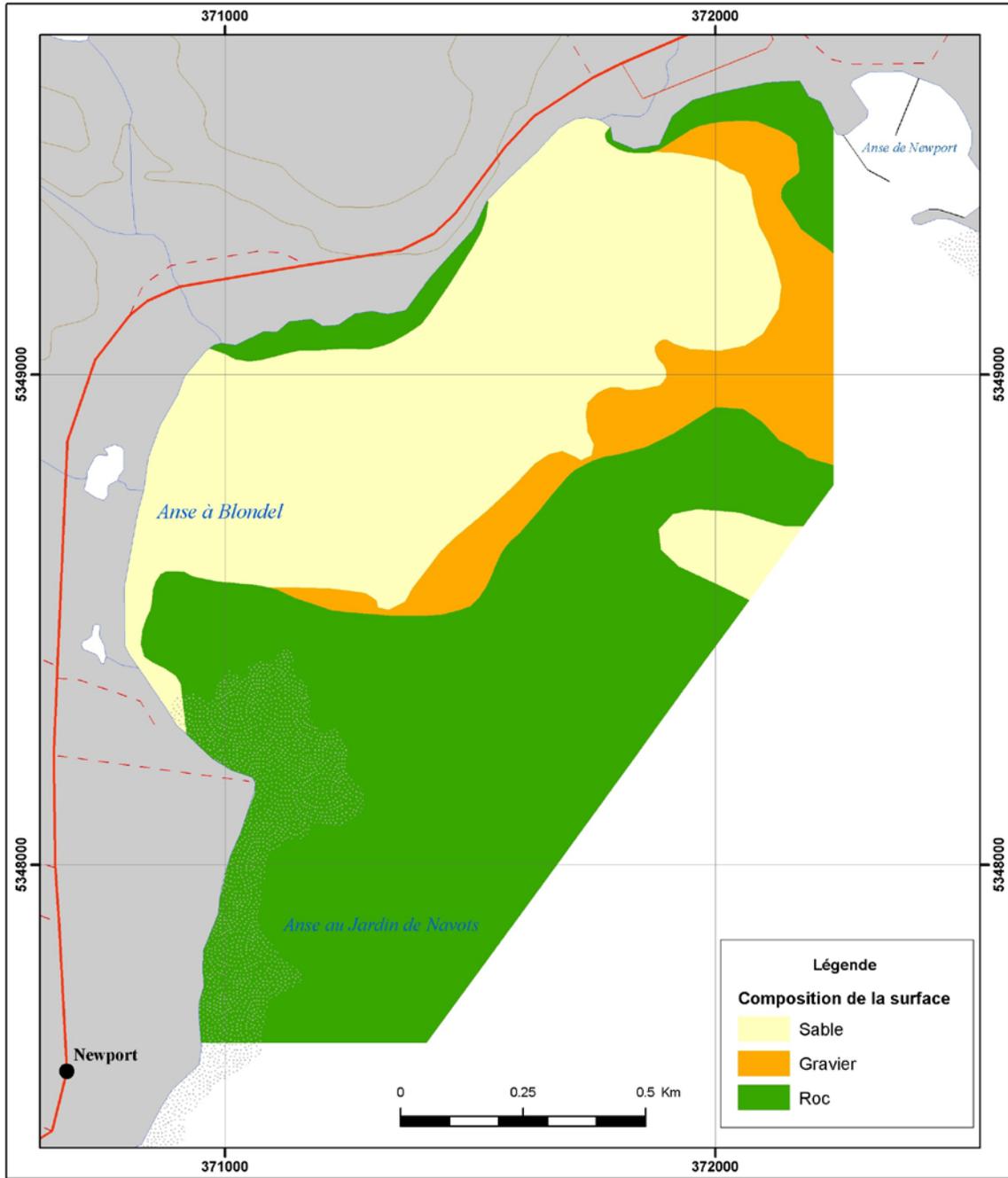


Figure 8.5 : Carte de répartition des sédiments de surface sur le site de Newport

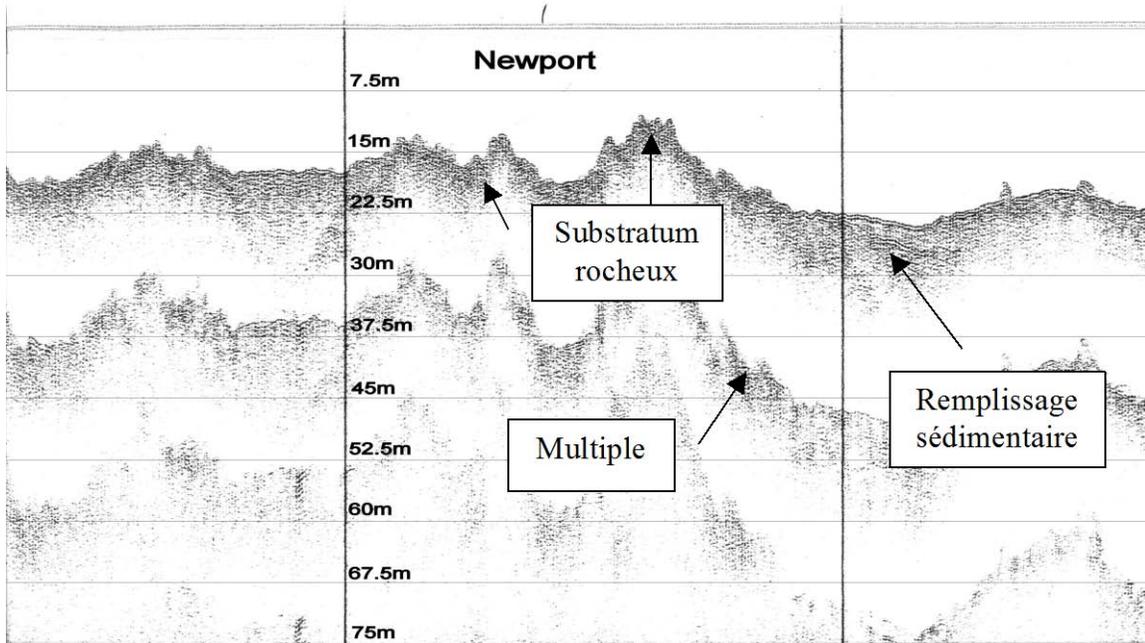


Figure 8.6 : Exemple d'enregistrement du substratum rocheux de l'ouest de l'anse à Blondel

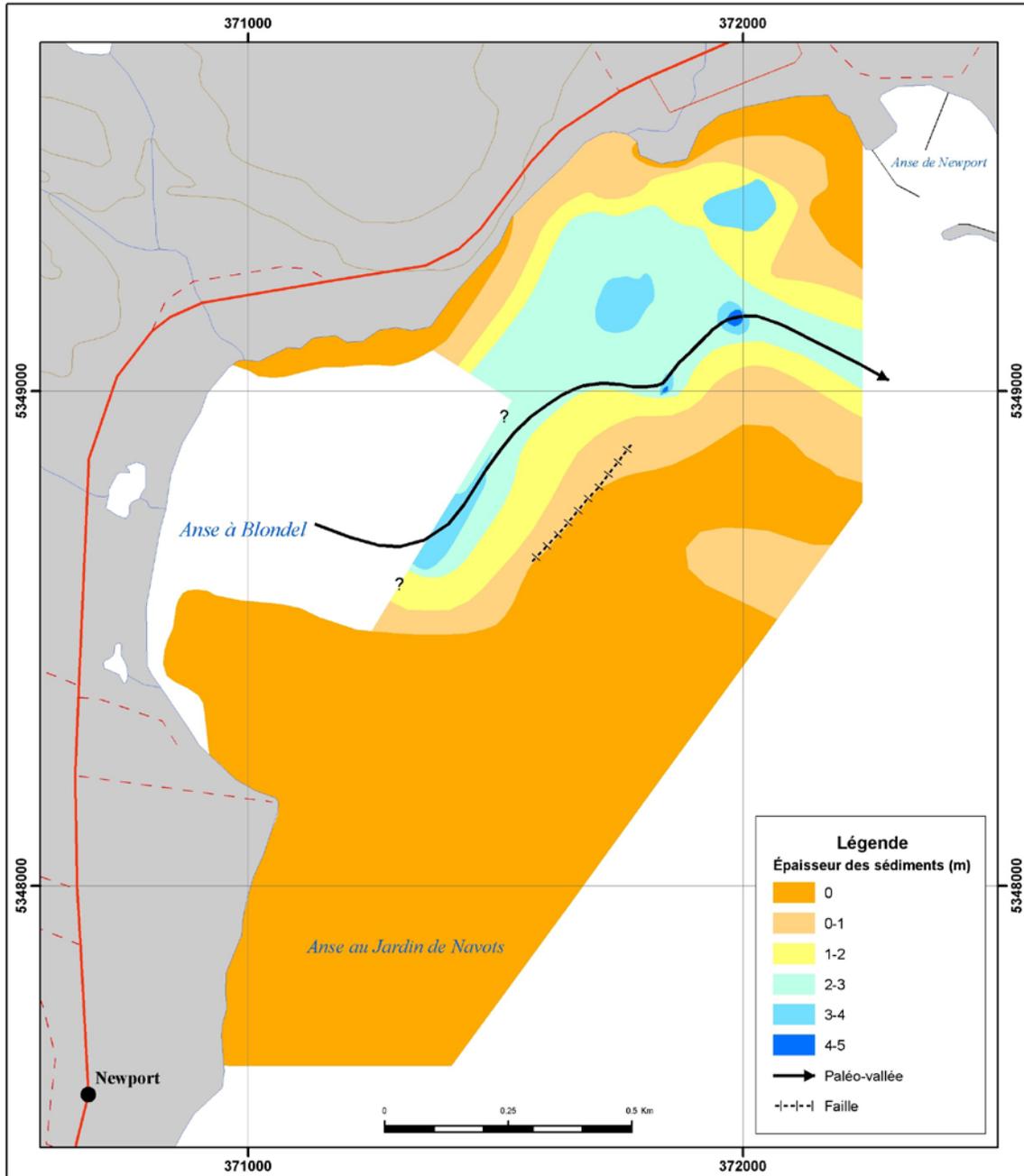


Figure 8.7 : Carte d'iso épaisseur des sédiments de surface

La paléo-vallée correspond à une ancienne vallée fluviale qui surcreuse le substratum rocheux. Cette vallée est remplie de sédiments qui sont sous-jacents par rapport à la couche de surface. La faille n'affecte pas la couche de surface.

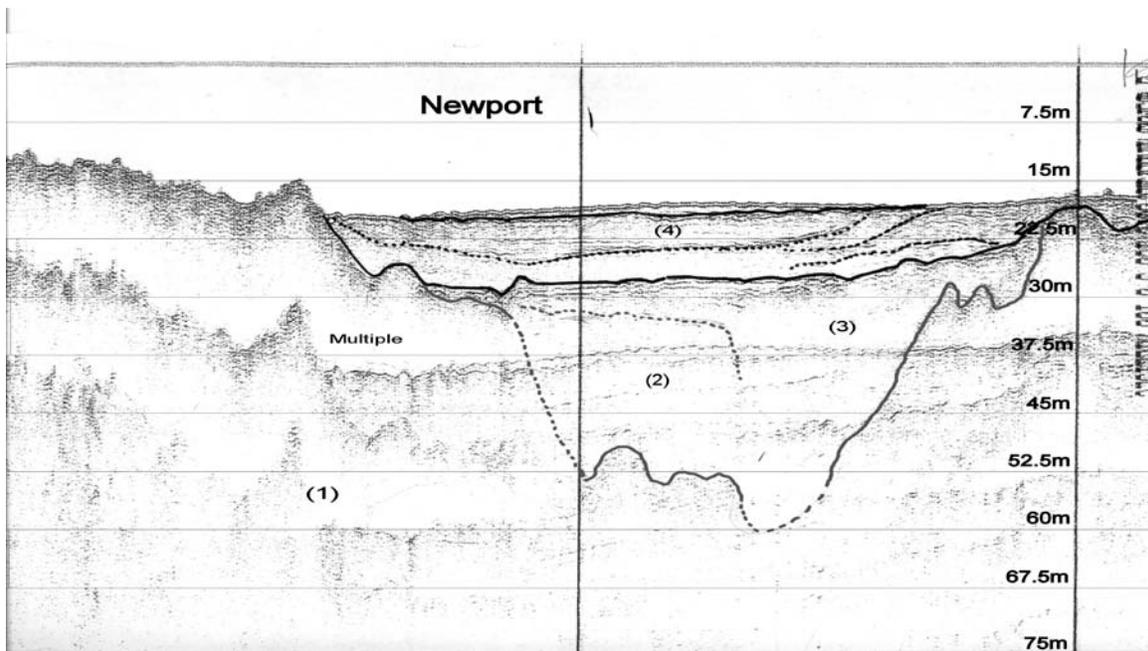


Figure 8.8 : Exemple d'un profil à travers la petite vallée prolongeant l'anse à Blondel le long du littoral de l'anse à Newport

L'épaisseur des sédiments est de 7,5 m au centre de la vallée. (1) substratum rocheux, (2) dépôts prodeltaïques, (3) dépôts de remplissage de vallée, (4) dépôts transgressifs actuels.

9 SITE DE CAP-D'ESPOIR

9.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Les falaises de Cap-d'Espoir se trouvent à 15 km à l'ouest de Percé dans la MRC de Percé. Elles sont orientées Nord-Nord est, Sud-Sud ouest. Le site d'étude s'étend de la plage de Cap-d'Espoir à l'Anse-à-Beaufils, sur une longueur de 5 km (figure 9.1).

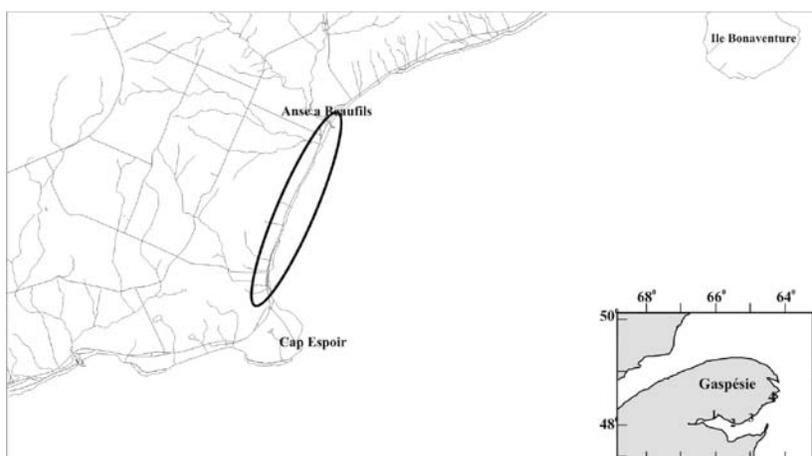


Figure 9.1 : Localisation du site de Cap-d'Espoir

Le type de plage varie le long du site. Au bas des falaises, la plage est étroite ; le haut de plage est rarement existant et est constitué par un empilement de nombreux blocs éboulés provenant des falaises. Ces blocs plus friables subissent une érosion rapide sous l'effet des houles déferlantes.

Au sud du site, sur la plage de Cap-d'Espoir, la plage s'élargit et est adossée à un talus fluvio-glaciaire haut de 5 à 6 m qui s'est mis en place dans une vallée en début de chute du niveau marin. Les sédiments provenant de l'érosion actuelle de ce talus constituent la source sédimentaire qui est à l'origine de la construction de la plage. Les falaises qui s'étendent entre la plage de Cap-d'Espoir et le village de l'Anse-à-Beaufils ont une altitude variable (entre 20 et 30 m) et culmine à 31,5 m. Entre le petit ruisseau Pete Ferguson qui est situé au sud de l'Anse-à-Beaufils et ce dernier un talus fluvio-glaciaire surmonte une falaise basse. L'ensemble culmine entre 12 et 12,5 m. Au départ, en juin 2001, les profils de plage ont été arpentés suivant une approche traditionnelle depuis le haut de falaise, le long de la route 132 (figure 9.2.). Par la suite, les profils ont été effectués aux pieds des falaises, sur la base des chaînages effectués par le MTQ. En 2003, les sept profils précédents ont été établis en utilisant le LIDAR. Néanmoins, les analyses comparatives entre les années sont très difficiles à entreprendre étant donné la très grande différence de qualité entre les résultats obtenus par arpentage et ceux obtenus par laser aéroporté.

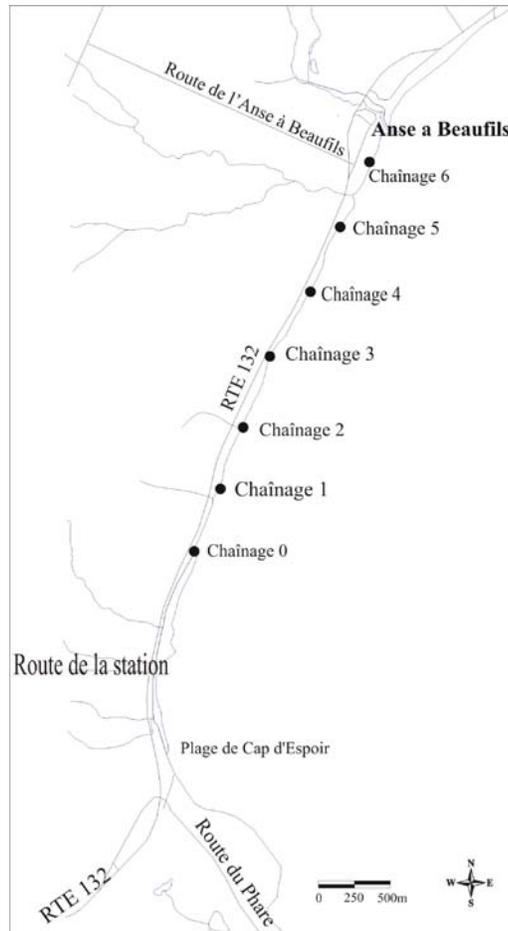


Figure 9.2 : Localisation des têtes des profils au site de Cap-d'Espoir

Sur le site de Cap-d'Espoir, le positionnement par des méthodes traditionnelles n'a pu être effectué car les positionnements par théodolites ne peuvent être entrepris en raison de l'étroitesse de la plage à marée basse et ceux à l'aide DGPS ne sont pas valables en raison de la hauteur des falaises. Chaînage 0,1,2,3,4,5,6 correspondent à Chaînage 0,500,1000,1500,2000,3000.

9.2 CADRE GÉOLOGIQUE

9.2.1 Le substratum rocheux

Le substratum rocheux de la côte sud de la Gaspésie, le long de la baie des Chaleurs appartient aux roches Paléozoïques de l'orogénèse appalachienne (Williams, 1995; Brisebois et Brun, 1994). Sur le site de Cap-d'Espoir, le long du littoral, seules, affleurent des roches du Paléozoïque tardif ou supérieur (Permo-Carbonifère). Ces formations sont présentes sur tout le littoral étudié (Maria, Bonaventure, Cap-d'Espoir). Ce sont des roches horizontales formées principalement de clastites grossières de couleur rouge (conglomérats, grès, siltstones et mudstones). En mer, ces formations ont été érodées soit durant le Paléozoïque soit durant la phase d'émersion du Cénozoïque. Durant cette période un système de drainage s'est mis en place.

9.2.2 Les sédiments de régression

Dans la baie des Chaleurs, les dépôts quaternaires reflètent l'évolution des mouvements relatifs du niveau marin au cours de l'Holocène. Les côtes de la baie des Chaleurs peuvent se comparer avec la partie ouest de l'île-du-Prince-Édouard. Entre 12 ka BP et 8 ka BP le rebond eustatique qui fit suite à la période d'englacement, a provoqué une baisse relative du niveau marin entre +15 m et -20m. Depuis 8 ka BP le niveau marin relatif est remonté de -20 m à -2 m jusqu'à 4 ka BP et il s'est stabilisé depuis (2 mètres en 4000 ans) à son niveau actuel.

Les faciès sédimentaires retrouvés sur le site d'étude correspondent à la phase de remontée glacio-eustatique qui s'est produite dès la fonte de la calotte glaciaire gaspésienne. Au large, ils représentent les parties distales des cônes deltaïques et forment des faciès drapant de sédiments fins qui proviennent de la décantation des panaches turbides de printemps. Ces faciès se retrouvent au large en dehors du site d'étude. Ils sont homologues des dépôts de Goldthwait retrouvés le long de l'estuaire du Saint-Laurent et peuvent surmonter des dépôts de fusion glaciaires. Ces derniers se retrouvent à l'état de lambeau dans le fond des vallées fluviales. Au fur et à mesure de la baisse du niveau marin, les sédiments font place aux sédiments prodeltaïques et deltaïques plus grossiers, comme ceux qui forment le talus sédimentaire de la plage de Cap-d'Espoir et ceux de l'anse du Cap. En mer, ils ont été totalement érodés par l'action des houles, excepté en avant de l'anse du Cap où ils apparaissent dans le fond des petites vallées de ravinement.

9.2.3 Les sédiments transgressifs

En dessous des limites de l'action des houles, par des profondeurs de -12 m des dépôts sableux se mettent en place (figure 9.3). Ils forment un faciès continu de plusieurs mètres d'épaisseur qui piège les sédiments érodés et transportés au large durant les grandes tempêtes. Par plus faible profondeur, les sédiments sont remaniés et ne forment qu'un film sédimentaire comme ceci est le cas dans le prolongement de la rivière de l'Anse-à-Beaufils. Les anciens faciès de dépôts ont été mis en place alors que le rebond glacio-eustatique était terminé et que la transgression marine holocène continuait. Dans un premier temps les vallées fluviales sont remplies (faciès absent sur le site d'étude), puis lors de la montée marine, les dépôts de surface sont érodés par l'action des houles et seuls restent en place les sédiments grossiers piégés dans de petites vallées structurales entre deux lignes de faille (figure 9.4), le film sédimentaire en avant de la rivière de l'Anse-à-Beaufils et le cortège sédimentaire au large de l'anse du Cap. Dans ce dernier cas, l'épaisseur des sédiments est importante et des barres d'avant-côte se développent en surface. Ailleurs, par manque de sédiments disponibles, la roche en place montre une surface d'abrasion (figure 9.4).

9.3 CADRE HYDRODYNAMIQUE

Les falaises de Cap-d'Espoir sont situées à l'extérieur de la baie des Chaleurs, face au golfe du Saint-Laurent. Le climat hydrodynamique de ce site est donc celui des rives du golf du Saint-Laurent.

9.3.1 Les marées

La marée est de type microtidal, son marnage est en morte eau de 1,09 m (tableau 9.1).

Tableau 9.1 : Variation de marnage dans la baie des Chaleurs

Port	Marnage en morte eau (m)	Marnage en vive eau (m)
Cap-d'Espoir	1,08	1,56
Port-Daniel	1,26	1,83
Paspébiac	1,53	2,16
Pointe Howatson	1,71	2,43
Carleton	1,89	2,67
Campbellton	2,19	3,21

Les marées sont mixtes, de type demi-diurnes et sont influencées par la position des deux points amphidromiques qui sont situés au sud des îles de la Madeleine (onde semi-diurne) et au large de l'île du Sable (onde diurne). Durant le flot, les courants sont plus intenses qu'en jusant. Ils restent néanmoins très faibles (10 cm/s).

9.3.2 Les houles

Les houles qui affectent le site de Cap-d'Espoir proviennent des secteur est et sud (tableau 9.2).

Tableau 9.2 : Origine des houles agissant sur le site de Cap-d'Espoir

LIMITE EXTERNE	DIRECTION	FETCH (km)
Terre-Neuve	E	550
Détroit de Cabot	ESE	infini
Îles de la Madeleine	SE	280
Île du Prince Édouard	SSE	360
Sud de la baie des Chaleurs	S	20

Le régime des houles à l'entrée de la baie des Chaleurs est caractérisé par le régime des houles qui contrôle le golfe du Saint-Laurent. La hauteur significative de la houle de tempête est de 2,1 mètres et sa période est de 9 secondes. Durant les tempêtes exceptionnelles, à l'entrée de la baie, les houles extrêmes peuvent atteindre 4,9 m de hauteur significative et 9 secondes de période (Syvitski, 1992). Des mesures ponctuelles effectuées durant ce travail ont permis de mesurer, durant une tempête de l'automne 2002, une hauteur significative de plus de 5 mètres et une période de 10,5 secondes à l'entrée de la baie (Anse-à-Beaufils). Une autre conséquence des tempêtes est la formation de surcotes. Durant les tempêtes tropicales majeures, elles peuvent atteindre jusqu'à 2,2 m (en novembre 2001 à l'île-du-Prince-Édouard) et peuvent être accompagnées de houles significatives de 7 mètres et de 13,3 secondes de période. (Forbes et al., 2004). Durant ce projet, les mesures de houles réalisées en octobre 2002 ont permis de documenter un début de tempête (voir chapitre hydrodynamique). Les houles ont atteint une hauteur significative de 5,01 m et une période de 9,7 secondes alors que dans le même temps une surcote de 120 cm était observée.

9.3.3 L'apport hydrique

Sur le site de Cap-d'Espoir les apports hydriques sont négligeables, seule la rivière de l'Anse-à-Beaufils a un apport continu.

9.4 LE SYSTÈME CÔTIER ACTUEL

Le système côtier actuel est constitué à terre de falaises continues (figure 9.6) excepté sur la partie sud, au niveau de l'anse du Cap où des dépôts de haut niveau marin et de régression qui sont représentés par des dépôts fluviaux glaciaires. En mer, deux stocks sédimentaires coexistent, les sédiments provenant de l'érosion des falaises et du talus fluvio-glaciaire et les sédiments grossiers de la surface de transgression.

9.4.1 L'arrière-plage

Le long des falaises de Cap-d'Espoir l'arrière-plage est inexistante. Sur la plage de l'anse du cap et immédiatement au sud-ouest de la rivière de l'Anse-à-beaufils (figure 9.7), cette unité est constituée de sédiments fluvio-glaciaires de sédiments hétérogènes (silts, sable, graviers et galets).

9.4.2 La plage

Le haut de plages est inexistant le long des falaises (figure 9.8). Seule la moyenne plage et même la basse plage existe. Sur l'estran (basse plage) des blocs qui se détachent de la falaise, sont en voie de désagrégation. Ce phénomène se produit principalement durant les périodes gel-dégel, puis par la suite lorsque les fractions sédimentaires diminuent en taille, une action mécanique, sous l'effet des houles, se produit et la phase finale de ce processus est la libération des grains élémentaires qui constituent les grès : des sables. Ces sables sont à l'origine de l'alimentation sédimentaire de l'avant-côte. La plage est formée d'une couche sédimentaire de faible épaisseur constituée de sédiments très hétérogènes qui sont le reflet des différentes phases de désagrégation des blocs détachés.

9.4.3 Évolution globale du système côtier

Sept profils ont été établis, chaque 500 m, en pieds de falaise sur la base des chaînages effectués par le MTQ car il s'avérait impossible par des méthodes traditionnelles d'arpentage de mesurer les falaises. L'origine du chaînage correspond au début de la falaise sur la partie nord de l'anse du Cap et la septième station est au centre du talus fluvio-glaciaire entre le ruisseau Pete Ferguson et la rivière de l'Anse-à-Beaufils. La dernière année, en 2003, le profil total a été établi grâce au relevé Lidar. Quatre exemples de l'évolution des profils sont présentés figure 9.9 (chaînage 1000), figure 9.10 (chaînage 2000), figure 9.11 (chaînage 3000), figure 9.12 (plage de l'anse du Cap) et figure 9.13 (talus au sud de l'Anse-à-Beaufils). Du fait de l'imprécision des mesures de bas de plage à partir des stations chaînées, il n'a pas été possible de déterminer des valeurs d'érosion de la falaise de Cap-d'Espoir. De plus, l'érosion de la falaise n'est pas continue, elle est discrète. Or, la fréquence des loupes d'érosion est très difficile à apprécier et seule une comparaison de deux mosaïques de relevés

LIDAR pourra atteindre un résultat fiable. Dans ce travail nous proposons une description de l'estran et non une évolution chiffrée.

9.4.3.1 Chaînage 0 m

Le bas de falaise est protégé par un enrochement. Le haut de plage (20 m), est constitué de la succession d'un faciès mixte de sable, graviers et galets sur 12 m, d'un mélange de graviers et galets sur 0,3 m, à nouveau le faciès mixte de sable, graviers et galets sur 12,7 m puis d'un platier rocheux recouvert d'un champ de laminaires sur 11 m, puis dépourvu d'algues.

9.4.3.2 Chaînage 500 m

La haute plage est absente, la plage est composée de la succession suivante de faciès : des galets sur 1,8 m, puis de petits galets sur 4,6 m, de graviers sur 1,7 m et de galets sur 8,1 m. Le platier rocheux débute à 17,8 m. Il est recouvert d'algues sur 3,21 m puis d'un champ de laminaires.

9.4.3.3 Chaînage 1000 m

La falaise est de 31 m de hauteur (figure 9.9). La partie haute est abrupte (entre 15 et 31 m) alors que la partie basse, entre 2 et 15 m présente une forte pente (1/1). La plage est constituée d'une zone de graviers de 5 m, d'une zone de galets de 5,9 m supportant une berme, suivie d'une zone de mélange de graviers et galets de 8,8 m. Le platier rocheux débute à 19,7 m. À partir de 39,9 m il est surmonté d'un champ de laminaires.

9.4.3.4 Chaînage 1500 m

La plage, de 32 m de largeur, est constituée respectivement de galets sur 5,1 m, de galets, graviers et sable sur 4 m et de sable grossier sur 23 m. Le platier rocheux se situe au large.

9.4.3.5 Chaînage 2000 m

La falaise, haute de 22 m (figure 9.10), présente une surface d'érosion atmosphérique sur les 6 m supérieurs puis un flanc vertical sur 15 m et enfin une plage qui s'étend au large sur 40 m. Seule la moyenne plage a été arpentée en 2001. La plage est composée d'un mélange de sable et galets en haut de la plage moyenne (sur 6,6 m), puis de sable et blocs en milieu de plage (sur 17 m) et galets en basse plage (sur 3 m). Le platier rocheux est couvert d'algues et commence à 30 m.

9.4.3.6 Chaînage 2500 m

La station 2500 n'a pu être localisée en 2001 et ne peut donc être comparée avec le relevé LIDAR.

9.4.3.7 Chaînage 3000 m

Le site est localisé entre le ruisseau Pete Ferguson et la rivière de l'Anse-à-Beaufils. La falaise est surmontée par un talus fluvio-glaciaire, sa hauteur varie de 12,5 m (figure 9.11) et 15 m (figure 9.12). Le talus subit une intense érosion climatique sur 4 m d'épaisseur alors que la falaise sous-jacente est verticale sur 5,5 m. La plage, d'une largeur totale de 45 m, est composée de galets (sur 2,7 m), de sable (sur 6 m) de graviers recouvrant du sable (sur 11,5 m) et de sable (sur 20 m). Le platier rocheux est plus profond et n'a pas été atteint lors des mesures.

9.4.4 Bilan sédimentaire

Aucun bilan sédimentaire n'a pu être effectué à partir des relevés topographiques car l'érosion de ce secteur se fait de manière discrète et seule une approche globale permet de prendre en compte les loupes de glissement. Dans le futur, à l'aide des relevés aéroportés LIDAR il devrait être possible de lever cette inconnue.

9.4.5 L'avant-plage

L'avant-plage a fait l'objet d'une cartographie réalisée à partir des différents appareils sismiques (sonar à balayage latéral et sismique réflexion à très haute fréquence). Trois résultats principaux ont été produits à partir de ces résultats : les cartes bathymétriques, la nature sédimentologique des sédiments de surface et du toit du substratum rocheux.

9.4.5.1 Bathymétrie du site

Les courbes bathymétriques sont moyennement rapprochées sur l'ensemble du site (figure 9.12). Plusieurs petites vallées existent, elles suivent généralement les anciennes vallées ou les lignes de faille perpendiculaires ou parallèles à la rive.

9.4.5.2 Sédiments de surface

Les sédiments de surface sont peu nombreux (figure 9.15), leur déposition est contrôlée par la nature des formations. Les sables, contenant des graviers et galets, forment la presque totalité des sédiments de surface. Le substratum rocheux affleure sur la majorité du site. Une couverture sableuse existe au large de l'anse du Cap et au large par des profondeurs supérieures à 12 m où elle devient continue. Le couvert végétal est absent excepté des algues fixées au substratum rocheux. Ces champs d'algues débutent à des profondeurs de 2 à 3 m.

9.4.5.3 Toit du substratum rocheux

Le toit du substratum rocheux pend en direction du large (figure 9.16). Il n'est pas plat car l'érosion décape par écaille des différentes strates qui composent la formation gréseuse. De plus, de nombreuses petites failles parallèles et perpendiculaires au littoral créées par leurs rejeux respectifs des microfalaises et petites vallées qui sculptent le paysage sous-marin. Le substratum rocheux est très souvent à l'affleurement et est responsable de la bathymétrie du site.

9.5 ÉVOLUTION DU SYSTÈME CÔTIER

L'environnement sédimentaire du site correspond à un environnement de haute énergie dominé par l'action des houles. Le transport dans le profil est très important et la majorité des sédiments arrachés à la falaise, lorsqu'ils sont réduits à la taille des sables, sont exportés au large où ils se déposent par des profondeurs supérieures à 12 m. Ils forment alors un faciès continu d'épaisseur supérieure à 2 m. Sur l'avant-côte, le cortège de sédiments transgressifs est absent excepté en avant de l'embouchure de la rivière de l'Anse-à-Beaufils et de l'anse du Cap. Ailleurs, le substratum rocheux affleure et il n'est recouvert que par endroit par un fin film sédimentaire.

La pose d'enrochements en pied de falaise ne changera ni l'hydrodynamisme du site ni la nature sédimentaire. Actuellement un enrochement naturel, discret, se produit par le détachement de blocs sous les phénomènes d'érosion. La plage très hétérogène, évolue aux hasards de ces apports. L'enrochement en pied de falaise comble passagèrement cet enrochement naturel. Néanmoins, l'enrochement de pied de falaise ne résoudra pas tous les problèmes d'érosion de la falaise car une partie non négligeable de l'érosion se produit sur la partie supérieure de la falaise, sous des phénomènes climatiques ou atmosphériques et non uniquement sous des phénomènes hydrodynamiques. Le recul de la falaise est donc inexorable et le déplacement de la route semble être une approche plus profitable qu'un enrochement ponctuel du pied de la falaise.

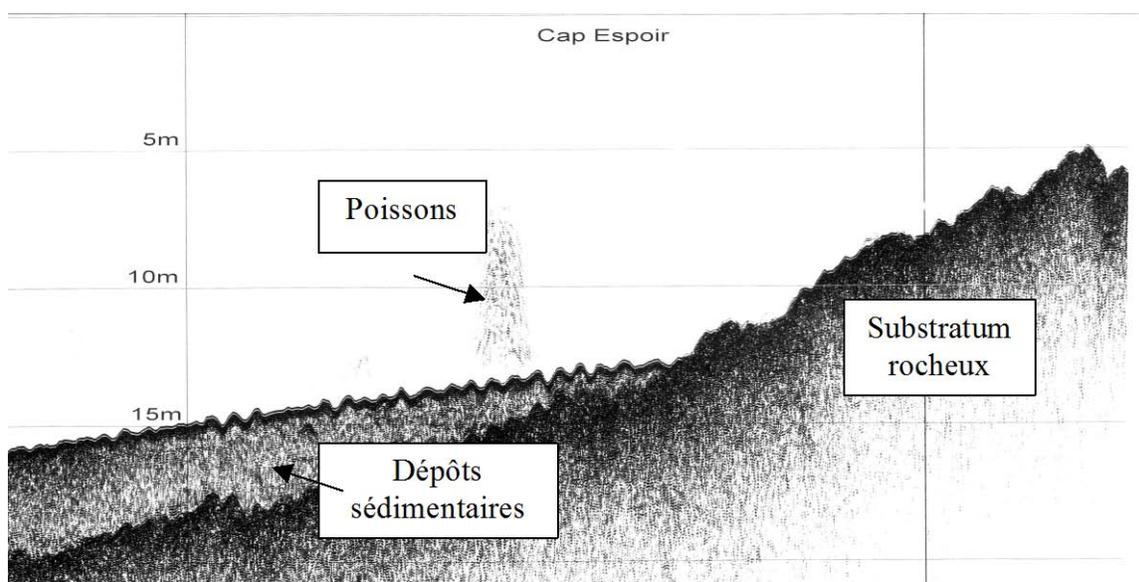


Figure 9.3 : Les dépôts sédimentaires profonds

Le profil présenté est situé au nord-est du port de l'Anse-à-Beaufils et représente un profil perpendiculaire au littoral. La séquence sableuse se met en place en dessous de la limite d'action des houles, -12 m. Aucun film sédimentaire n'apparaît entre -12 m et la surface.

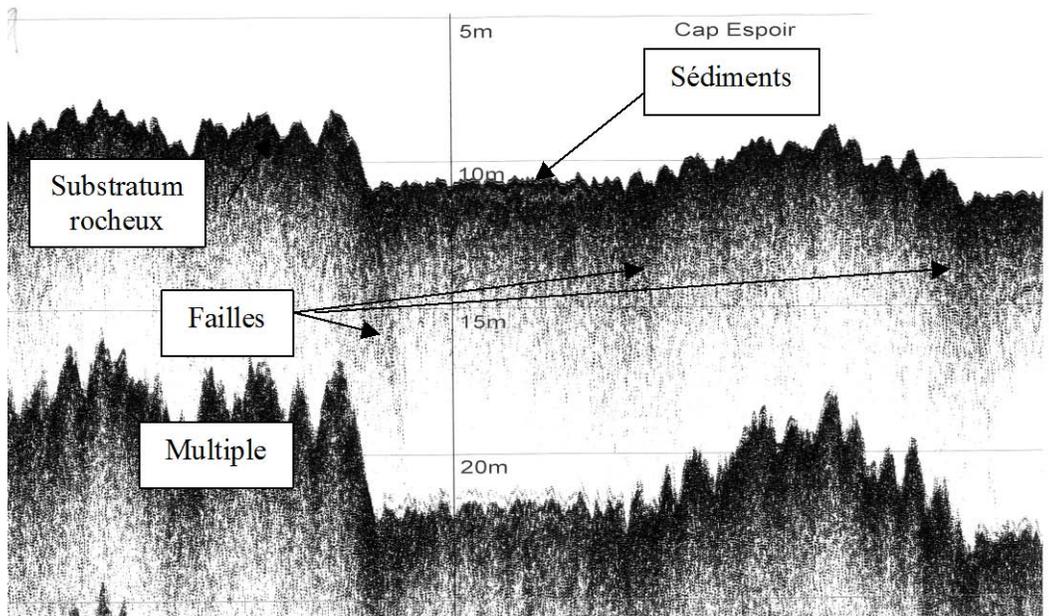


Figure 9.4 : Exemple de faille affectant le substratum rocheux

Le profil présenté est situé entre l'Anse-à-Beaufils et Cap-d'Espoir. Il est parallèle au littoral. Les sédiments actuels forment une unité très peu épaisse dans la vallée d'effondrement entre les deux failles.

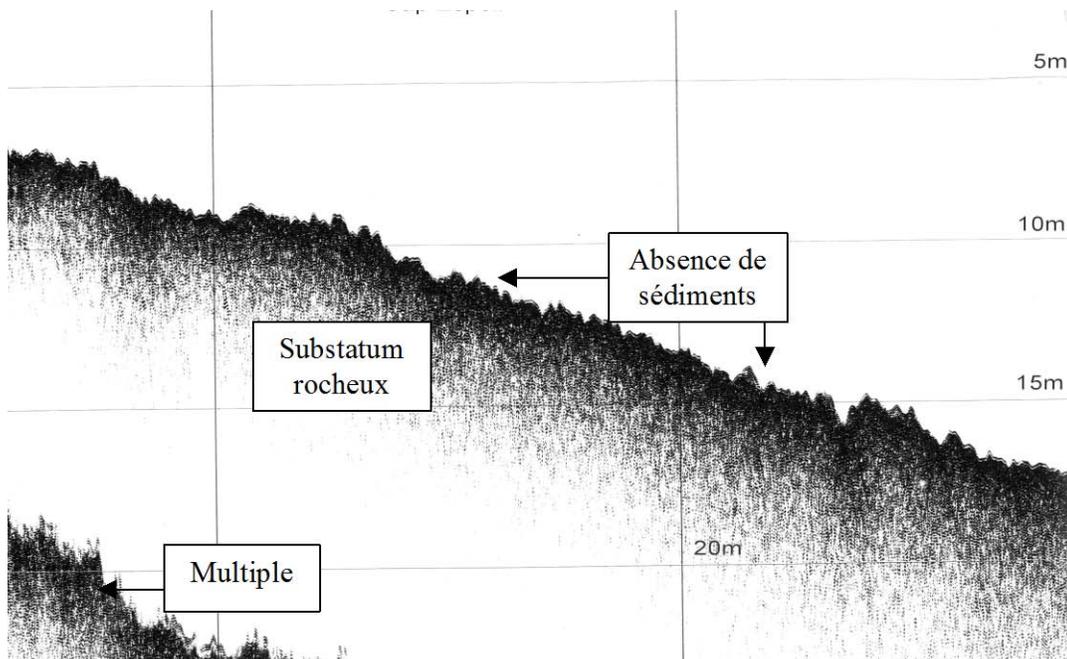


Figure 9.5 : Exemple d'érosion du substratum rocheux le long d'un profil bathymétrique perpendiculaire au rivage

Le profil est situé entre l'Anse-à-Beaufils et Cap-d'Espoir. Les sédiments transgressifs sont totalement absents.



Figure 9.6 : Vue des falaises de Cap-d'Espoir

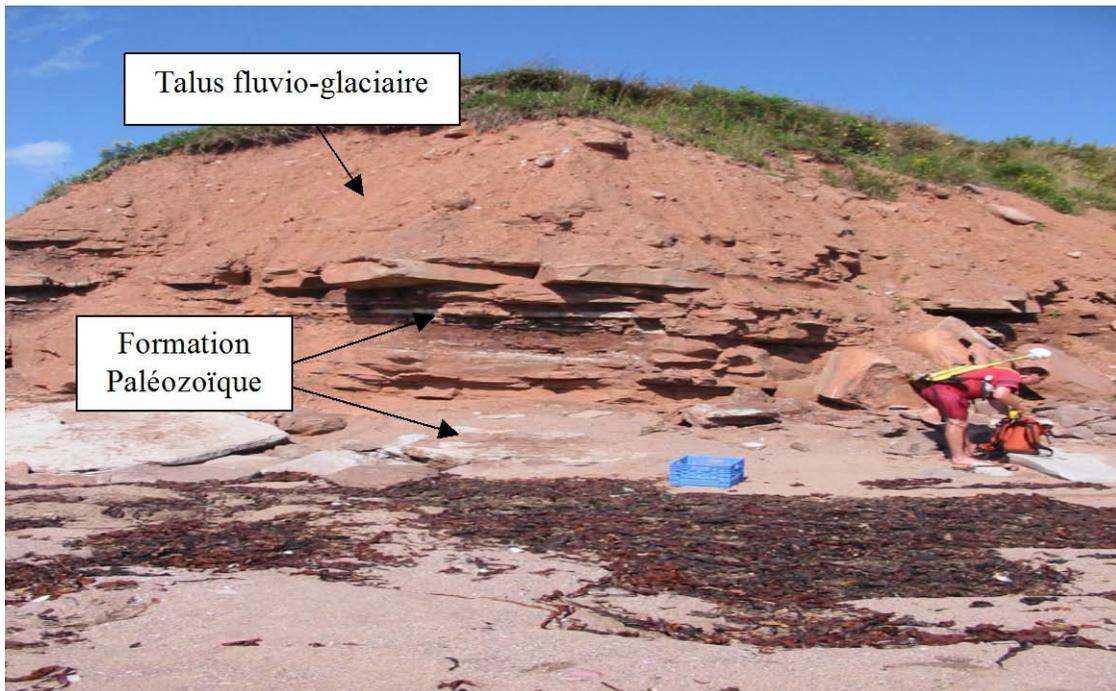


Figure 9.7 : Talus fluvio-glaciaire surmontant la formation Permo-Carbonifère

Au premier plan, la plage présente une plage moyenne bien développée et une absence de haute plage.



Figure 9.8 : Exemple de plage en pied de falaise

Absence de haute plage et présence de blocs érodés sur la plage. Ceci met en évidence la nature discrète de l'érosion sédimentaire.

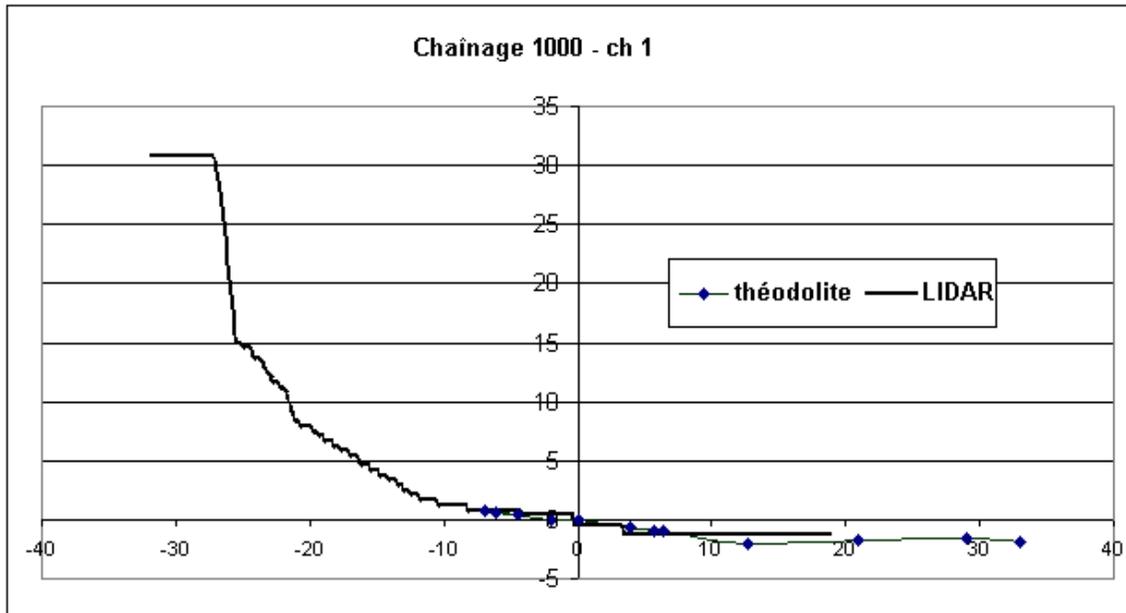


Figure 9.9 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d'Espoir : Profil du chaînage 1000 ou chaînage 1

Le profil total a été établi à partir du relevé LIDAR 2003 et du relevé de plage de 2001, à partir de données arpentées.

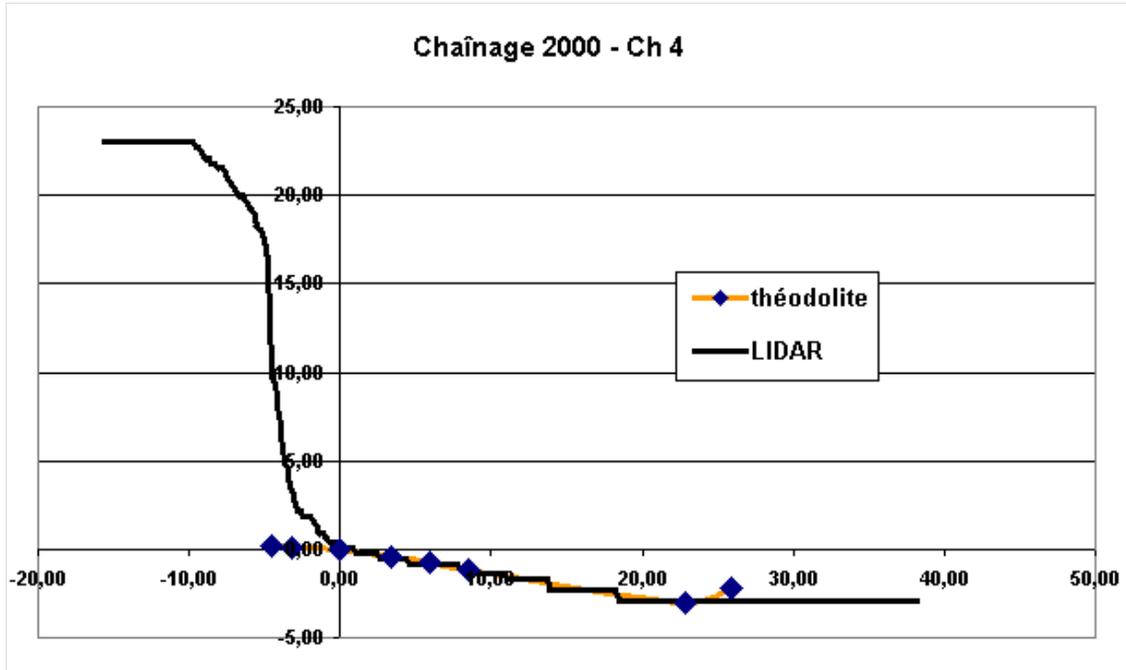


Figure 9.10 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d'Espoir : Profil du chaînage 2000 ou chaînage 4

Le profil total a été établi à partir du relevé LIDAR et du relevé de plage de 2001, à partir de données arpentées.

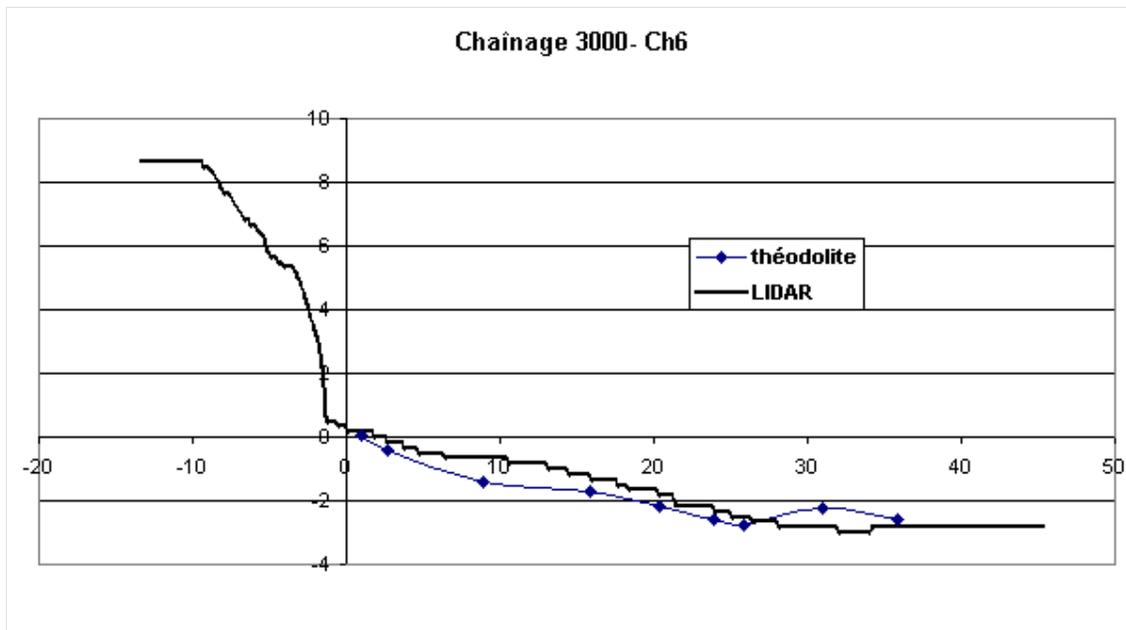


Figure 9.11 : Profil topographique typique du littoral de Cap-d'Espoir : Profil du chaînage 3000 ou chaînage 6

Le profil total a été établi à partir du relevé LIDAR du relevé de plage de 2001, à partir de données arpentées.

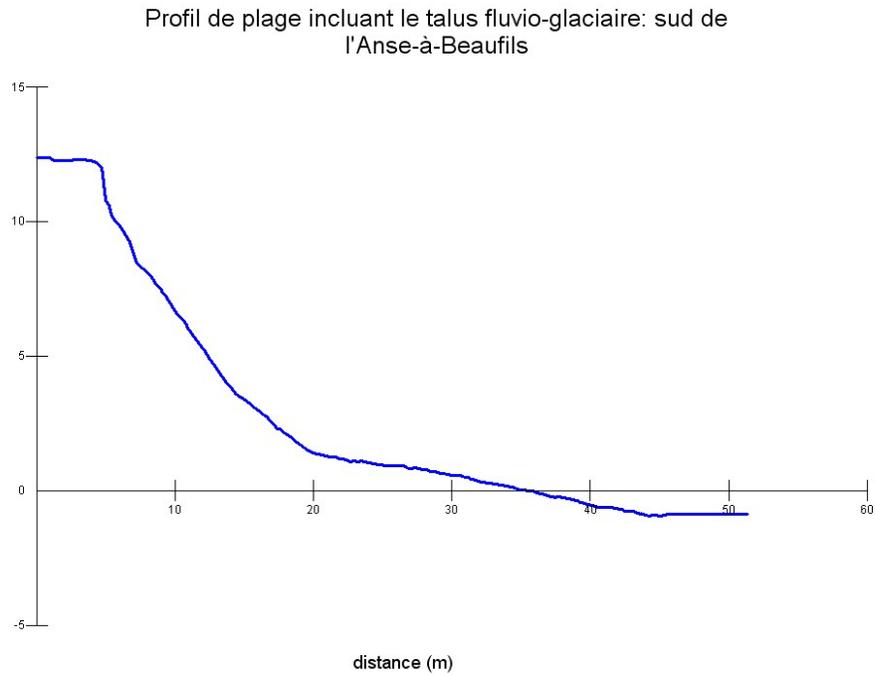


Figure 9.12 : Profil de plage incluant le talus au sud de l'Anse-à-Beaufils

La pente du talus est importante et la haute plage absente.

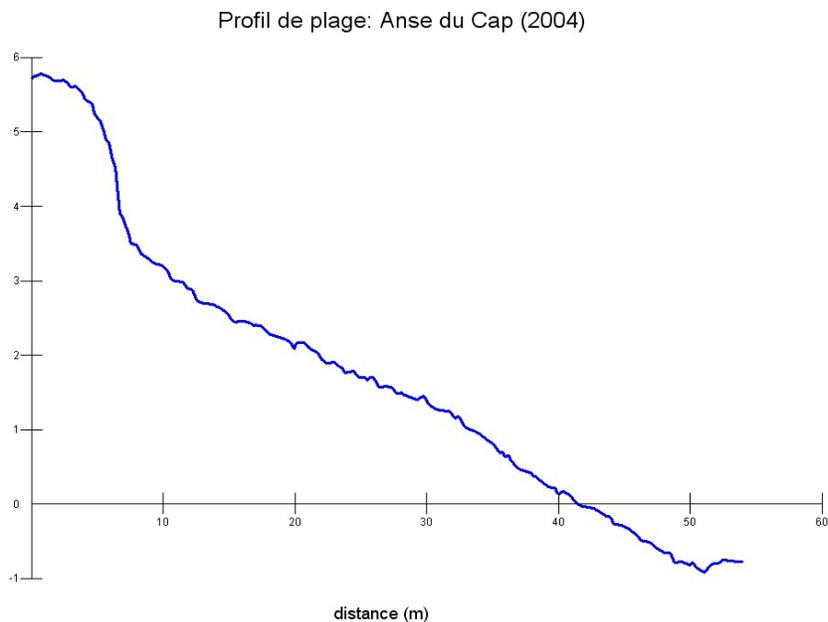


Figure 9.13 : Profil effectué au centre du talus fluvio-glaciaire de l'anse du Cap, en avant des installations sanitaires

Le talus à 2,5 m de hauteur et se prolonge par une haute plage formée par un cordon de galets.

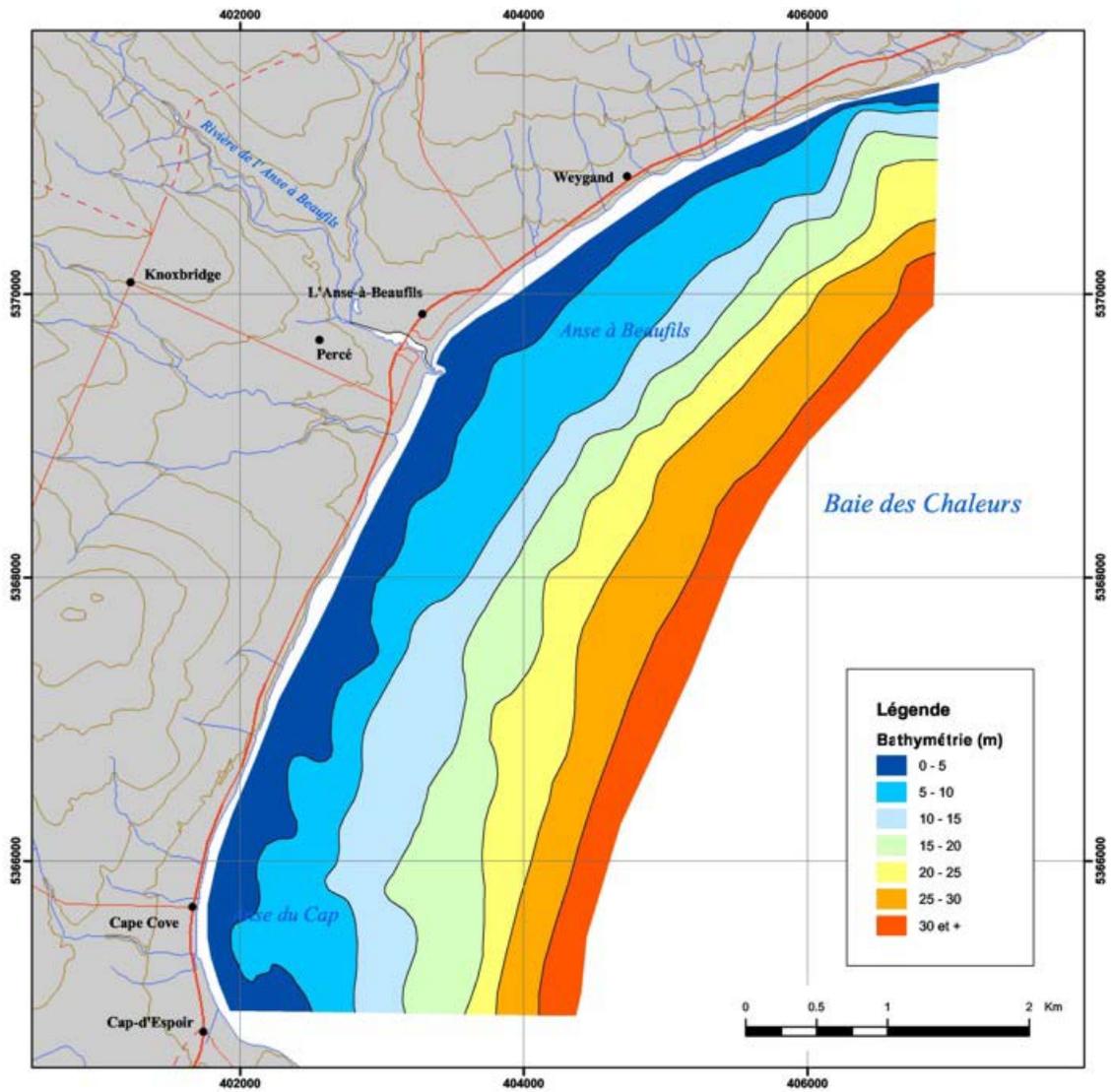


Figure 9.14 : Carte bathymétrique du site Cap-d'Espoir – Anse-à-Beaufils

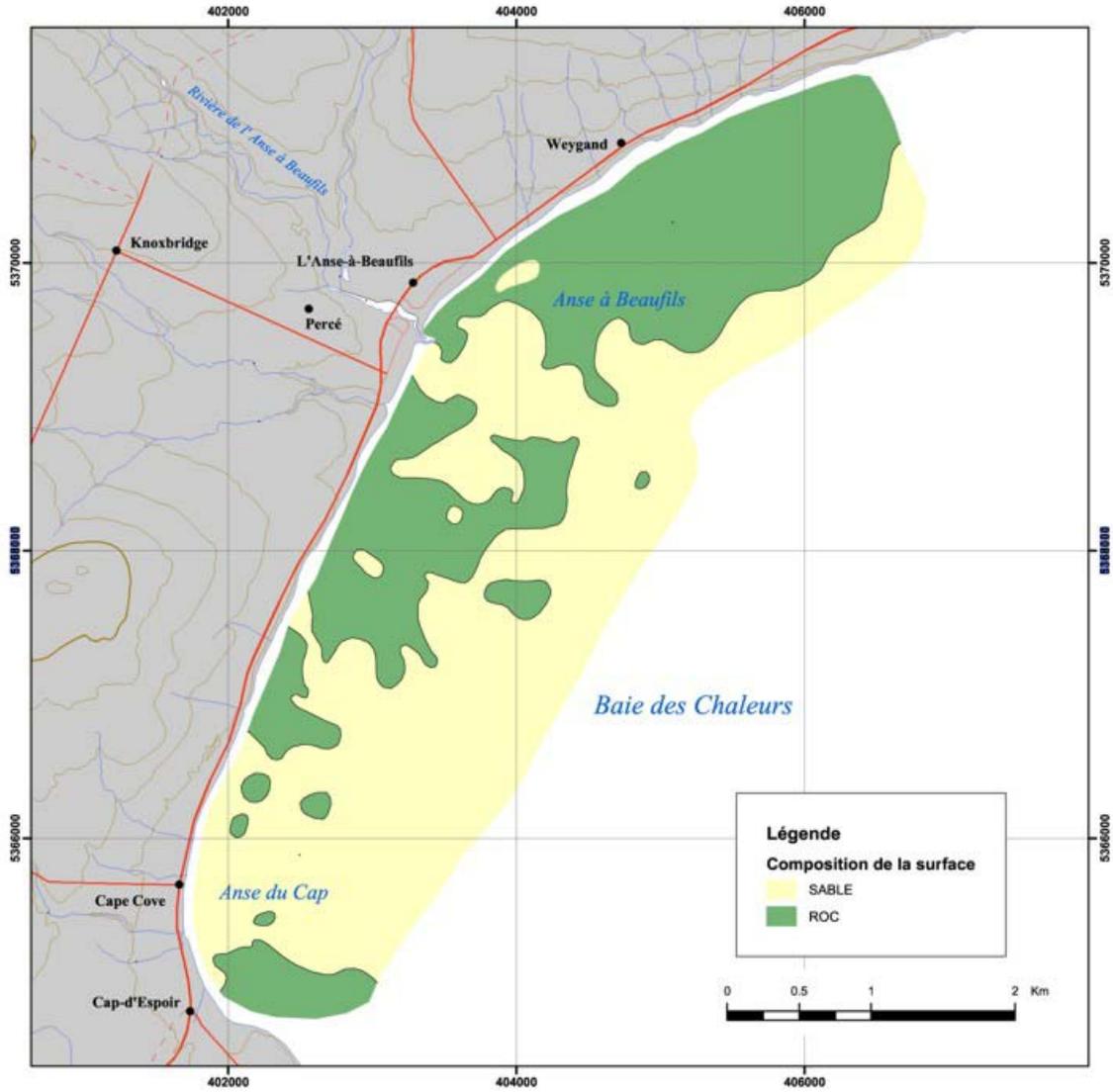


Figure 9.15 : Carte de distribution des sédiments de surface

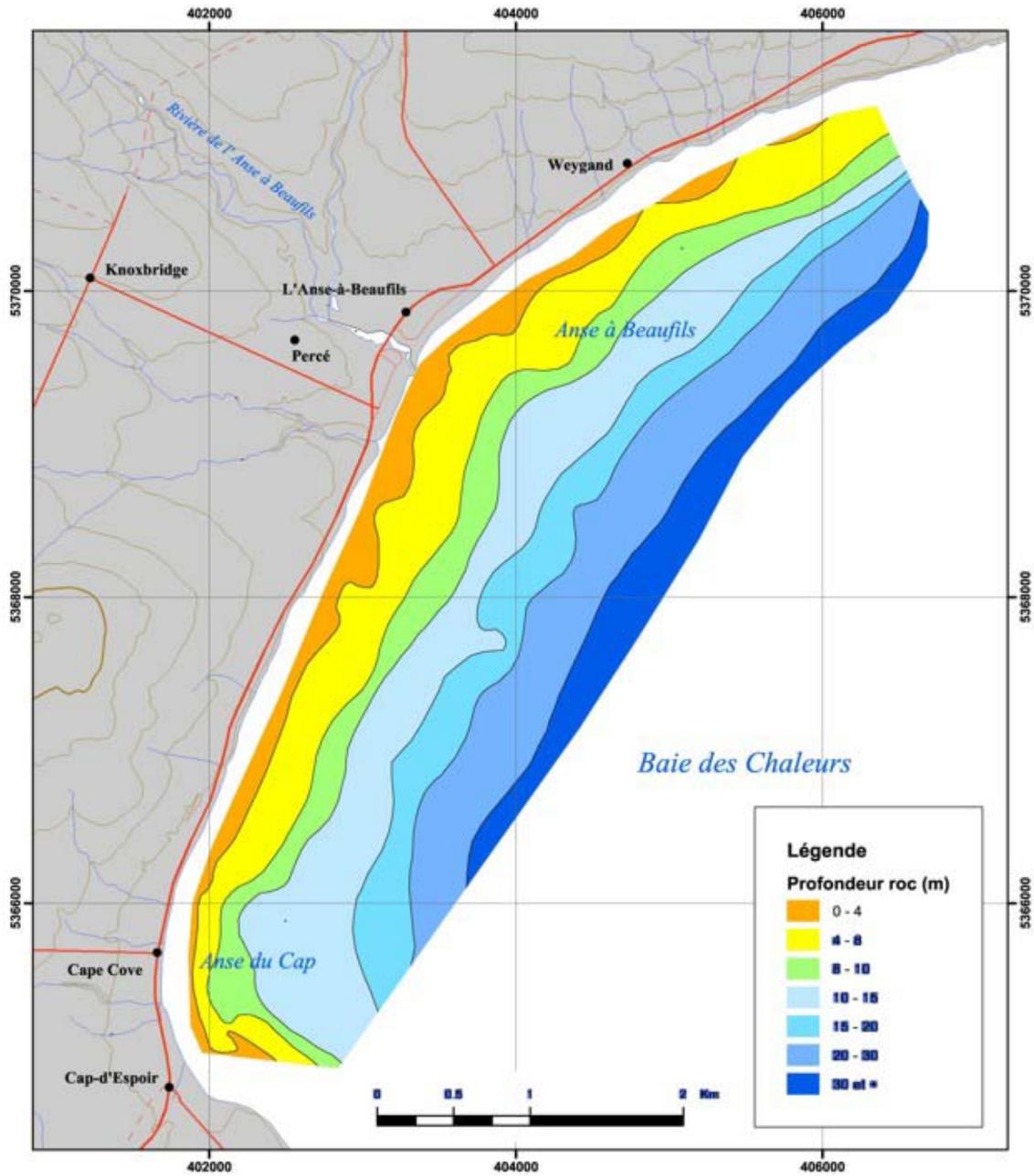


Figure 9.16 : Carte de profondeur du toit du substratum rocheux

10 CONCLUSION

L'étude menée sur le littoral de la baie des Chaleurs a permis de connaître l'évolution du littoral sud de la Gaspésie et de différencier l'évolution de cette zone du reste du système constitué de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. En effet, en raison de son type d'environnement sédimentaire et de son évolution post-glaciaire la baie des Chaleurs évolue de manière différente des modèles existants dans la littérature pour décrire le golf du Saint-Laurent.

De manière générale, la zone a subi, depuis la fin de la glaciation quaternaire, une invasion marine qui correspond à la remontée marine mondiale du début de la fonte des glaces. La limite marine supérieure de cet épisode se retrouve actuellement à la cote +15 m. Puis, sur la Gaspésie méridionale, une période de remontée eustatique a succédé à ce premier épisode, elle s'est traduite par une baisse relative du niveau marin jusqu'à une profondeur de probablement 20 m sous le niveau actuel. Par la suite, le niveau marin a suivi la fin de la remontée marine mondiale jusqu'à 2000 ans BP pour se stabiliser depuis au niveau marin actuel. Une nouvelle remontée a peut être débutée récemment; elle est de beaucoup plus faible échelle et est due aux changements climatiques actuels. Néanmoins, cette dernière fluctuation du niveau marin mondial ne se traduit pas par des variations morphologiques significatives le long du littoral septentrional de la baie des Chaleurs. À partir des prédictions énoncées dans le cadre de la modélisation des changements climatiques, certains auteurs prédisent une variation plus significative du niveau marin qui pourrait atteindre entre 0,09 m et 0,88 m d'ici la fin du vingt et unième siècle (IPCC, 2001 et pourrait monter de 5 m au cours du prochain millénaire Gregory et al., 2004 ;Overpeck et al., 2006). Mais actuellement, c'est au niveau des conditions hydrodynamiques (réurrence des tempêtes, des surcotes, etc.) que des changements sont perceptibles le long de la baie des Chaleurs.

Ces variations du niveau marin au cours de l'Holocène, ont entraîné des modifications des stocks sédimentaires qui reflétaient les différentes phases des dépôts. Ainsi, durant la baisse du niveau marin certains dépôts ont été abandonnés et érodés par l'action fluviale. Par la suite, durant la remontée marine les dépôts côtiers successifs ont été et sont encore érodés, les anciennes vallées fluviales ennoyées sont comblées et les couches sédimentaires affleurantes sont remaniées sous l'action des houles et des courants. Il en résulte un réajustement des stocks sédimentaires présents sur l'avant-côte et une érosion des formations sédimentaires qui constituent actuellement le trait de côte.

Au niveau des plages actuelles, un important déficit sédimentaire existe car le stock sédimentaire qui les constituent provient soit de l'érosion des falaises soit des anciens stocks sédimentaires fossiles mis en place durant la régression marine et réactivés durant la transgression. Ces sédiments détritiques sont constitués d'éléments hétérogènes. La fraction fine de ces sédiments est érodée et transportée en suspension. La fraction sableuse est transportée le long du littoral sous l'effet de la dérive littorale. Mais, cette fraction est peu importante dans le stock sédimentaire détritique disponible et il en résulte que la fraction sédimentaire la plus grossière (galets et graviers) constitue la majorité du stock sédimentaire

des plages. Cette fraction est généralement stable et en équilibre avec les conditions hydrodynamiques actuelles.

Maria

Ce site est typique d'un site de basse énergie soumis à des houles locales (fetch de 40km au maximum). Néanmoins, la houle reste l'agent énergétique le plus important et il contrôle le profil de plage. Ce site subit une forte activité anthropique avec l'installation du village puis de la route le long du trait de côte.

En mer, l'avant côte est colonisée par des pelouses de zostères entre - 0,5 et -10 m. Ces pelouses de zostères piègent les sédiments qui sont transportés au large durant les tempêtes et ainsi, ces environnements peuvent être considérés comme des puits de sédiments. Les zones rocheuses sont colonisées par des algues brunes de type fucus et des champs de laminaires qui se développent entre -3 et -15 m. Plus proche du littoral, seuls les fucus subsistent entre 0 et - 3 m. Ces derniers environnements jouent le même rôle que les pelouses de zostères, ce sont des pièges à sédiments ou des barrières aux échanges sédimentaires entre la plage et le large. La topographie de l'avant-côte est contrôlée par le toit du substratum rocheux et non par l'énergie des houles ce qui explique que les pentes varient sur le site de Maria et ce, même si l'énergie des houles reste presque constante.

Au niveau sédimentaire, la plage est constituée à l'origine par un mélange de graviers et galets. À ce mélange s'associent les sables qui dérivent de l'érosion et le faciès se modifie pour incorporer la fraction sableuse. Durant le transport littoral, la fraction sableuse est reprise par l'action des houles de tempêtes et va se stocker au niveau des pelouses de zostères. Le faciès de plage se retransforme et redevient un faciès de graviers et galets.

L'érosion côtière varie en fonction du type d'environnement sédimentaire qui prévaut le long des 8 kilomètres que forme le littoral. Un volume de 9056 m³/a est érodé chaque année (calculé sur trois ans entre 2001 et 2004) mais les talus fluvio-glaciaires de l'ouest en produisent 4184 m³/a et ceux de l'est 2902 m³/a soit 78% du volume total érodé. La stabilité de ces talus varie de faible à moyenne et peut être localement forte. La partie centrale, en avant de la route 132 subit une érosion de 1969 m³/a, ce qui reste faible. Ce sédiment provient principalement de l'érosion du cône sédimentaire du ruisseau à Martien qui se reconstruit à chaque crue importante. Il est repris par la dérive littorale et redistribué le long du littoral est.

Saint-Siméon – Bonaventure

Le site, orienté sud-est à nord-ouest, subit des houles de secteur ouest. La plage subit une érosion de 600 m³/km/a. Cette érosion varie le long du littoral, les talus du nord ouest subissent une érosion de 4719 m³/a alors que l'ensemble du site ne subit qu'une érosion de 3710 m³/a. Le transport sédimentaire littoral est donc significatif et des zones subissent une sédimentation tel le marais situé entre Saint-Siméon et Bonaventure et la partie sud-est du site le long de la sortie de la rivière Bonaventure. L'ensemble des talus représente un environnement dont les risques de glissements sont faibles (annexe 3) excepté les talus nord-ouest et le talus à l'est du marais. Dans ces deux cas, les risques varient de faibles à moyens et peuvent être exceptionnellement élevés. Le long de la route 132, l'érosion est faible et les

variations observées dans les profils de plage sont attribuables à un remaniement sédimentaire ponctuel plutôt qu'à une dérive littorale soutenue. Les opérations de confortement de la route ne devraient pas changer le profil de plage car les sédiments sont des sédiments reliques, grossiers et le film sableux de surface représente une population sédimentaire mobile mais de faible importance dans le volume du stock sédimentaire existant.

La pente du profil de l'avant-côte croît de l'est à l'ouest. Les dépôts d'avant-côte sont autochtones car ils proviennent principalement du remaniement des dépôts sous-jacents. Ils ne résultent pas d'un transport entre la plage et le large, ils sont déconnectés des dépôts de plage, excepté en avant des embouchures de rivières où après la crue printanière, se forment de petits cônes deltaïques qui sont remodelés durant la période subséquente. Cette réactivation de la fraction sableuse des sédiments est à l'origine de la formation du film de surface qui transite d'ouest en est.

Deux anciennes vallées fossiles entaillent le substratum rocheux. Elles correspondent à des épisodes de divagation de la rivière Bonaventure.

Newport

Le site, au sens large, correspond à un site de moyenne à forte énergie. Le substratum rocheux affleure le long du littoral et seule un petit talus fluvio-glaciaire forme la partie arrière de l'anse à Newport. Le littoral touché par les travaux de confortement de la route est protégé et le site est en très légère déposition. Cette sédimentation peut être en relation avec les empierrements qui créent un épi et ainsi protègent le faible stock sableux qui constitue la plage. Cette dernière se présente sous la forme d'une crique isolée, déconnectée du stock sableux, de faible importance que constitue la plage de l'anse à Blondel.

Au large, une vallée sédimentaire partage la baie en trois parties : la partie est qui correspond à la zone sous influence du littoral qui est très stable ou en légère sédimentation, une vallée sous-marine fossile alimentée par le faible ruisseau qui se jette dans l'anse à Blondel et qui est très partiellement connectée à la première partie, mais dont son alimentation actuelle est très faible et représente un système sédimentaire fossile réactivé en surface par des phénomènes de bioturbation et par la présence de lançons (*Ammodytes americanus*) dont l'abondance reste faible.

Les opérations de confortement de la route sont à l'origine d'une légère sédimentation de l'anse à Newport. Les enrochements ne font que recouvrir le substratum rocheux qui constituait le haut de l'avant-côte en avant de la côte rocheuse naturelle. De plus, ils constituent un épi qui protège la plage des vagues réfléchies par la côte rocheuse.

Cap-d'Espoir

Le site est un site à haute énergie, caractérisé par l'érosion de la falaise de grès rouges. Cette falaise constitue l'unique source sédimentaire actuelle, mais son érosion n'est pas continue et se produit par le détachement de blocs ou de loupes de glissement de faible à moyenne importance. Ces loupes ne dépassent pas la dizaine de mètres. Ces blocs se désagrègent lentement, sous l'effet des houles et des variations climatiques, sur la plage située en pied de

falaise. L'érosion de la falaise se produit tant sous l'effet de l'érosion marine que sous celui de l'érosion climatique (gel-dégel). Cette différenciation correspond à la position des bancs plus grossiers et plus résistants dans la falaise. Cette position varie car les strates présentent des pendages et plusieurs failles affectent la falaise. Si l'érosion climatique domine sur un secteur, il est illusoire d'arrêter l'érosion uniquement par des mesures de confortements en pied de falaise.

L'apport sédimentaire qui dérive des falaises reste faible, même si l'érosion est spectaculaire. Les sédiments qui dérivent de l'érosion transitent par-dessus le platier sous-marin, sous l'effet des houles, pour aller former un faciès sableux continu en dessous de la limite de l'action des houles par des profondeurs supérieures à - 12 m. La distance à la côte et la profondeur de cette formation dépendent de l'énergie des houles de tempêtes extrêmes. Ce faciès sableux est continu et n'est plus en contact avec la dynamique sédimentaire littorale.

Le littoral de la Baie des Chaleurs

Le littoral de la baie des Chaleurs forme un littoral relativement homogène sur lequel les agents hydrodynamiques agissent en fonction des particularités locales de chaque site.

- La stabilité du profil de plage et d'avant-côte est fonction de:
 - L'apport sédimentaire de l'avant-côte (formations reliques de sable, graviers et galets).
 - L'érosion des dépôts sédimentaires de régression qui sont à l'origine des talus (talus fluvio-glaciaires Holocènes sur l'ensemble des sites).
 - La densité du couvert végétal qui croît sur l'avant-côte (pelouses de zostères, champs de fucus et de laminaires).
 - L'énergie des houles. Un gradient croissant existe entre les sites à l'ouest et ceux à l'est. Les sites septentrionaux sont sous l'influence des vents d'ouest. Or, les fetchs augmentent à mesure que l'on s'éloigne à l'est. De plus, les houles qui proviennent du golf du Saint-Laurent sont de moins en moins atténuées en se rapprochant de l'extrémité est de la baie des Chaleurs.
 - La position du substratum rocheux. En de nombreux sites, le substratum rocheux affleure directement sans être recouvert par des sédiments Holocène. Ne pouvant que très difficilement être érodé, il contrôle alors la pente de l'avant-côte. Cette pente dépend de celles des couches qui forment le substratum rocheux et non pas de la pente créée par l'érosion due aux houles au cours de leur déplacement en direction de la côte.
- La réponse morphologique de la plage est la conséquence du type et de la taille des sédiments qui la constituent. Sur ces sites, les plages sont formées de matériaux détritiques grossiers. Ces matériaux proviennent principalement de l'érosion des formations détritiques côtières anciennes. Ils peuvent contenir une fraction sableuse plus fine qui représente la fraction sédimentaire en transit. La majorité de cette fraction fine est piégée sur l'avant-côte par les pelouses à zostères ou migre au large en dessous de la limite d'action des houles. La fraction sableuse se déplace soit le long de la plage sous l'effet de la dérive littorale, soit en fonction des variations de l'énergie des houles, dans le profil perpendiculaire au littoral. Dans ce dernier cas, la fraction sableuse est entraînée au large et piégée dans les pelouses à zostères. La fraction grossière qui est constituée de galets et graviers, reste sur la plage et ne subit que

très peu de migration le long de la plage ou en direction du large. Cette fraction constitue le stock fossile de sédiments.

11 RÉFÉRENCES

- Bellan G. 1978. Contribution à l'étude des annélides polychètes de la province du Québec (Canada). 2. Étude synécologique. *Thétys*. 8 (3) : 231-240.
- Bray Curtis J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27 : 325-349.
- Brisebois D., et Brun J., 1994 : La plate-forme du Saint-Laurent et des Appalaches, in *Géologie du Québec, Les publications du Québec* : 95-120.
- Cloutier E., 2003a : Étude de fondation. Mur de soutènement sur la route 132, Maria, Québec. Rapport du ministère des Transports, #15708 (20-3100-9706), 25p.
- Cloutier E., 2003b : Étude de fondation. Mur de soutènement sur la route 132, Bonaventure, Québec. Rapport du ministère des Transports, # 11529 (20-3174-0061), 22p.
- Dalrymple R.W., Zaitlin B.A. and Boyd R., 1992: A conceptual model of estuarine sedimentation: *Journal of Sedimentary Petrology*, v.62 : 1130-1146.
- Dalrymple R.W., Boyd R and Zaitlin B.A., 1994 :Incised-Valley systems: origin and sedimentary sequences *SEPM Special Publication No.51*, 391p.
- Desrosiers G. et Brêthes J.-C. 1981. Étude de l'endofaune benthique des substrats meubles des zones estuariennes et littorales des rivières Saint-Jean et Romaine. *Rapport Hydro-Québec*. 147 p.
- Forbes D.L., Parkes G.S., Manson G.K., Ketch L.A., 2004 : Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. *Marine Geology* 210 (2004) 169 – 204.
- Gouvernement du Québec, 1983: *Annuaire hydrologique 1981-1982*, Rapport A.H.-23, 200 p.
- Grant D.R., 1989 : Le quaternaire de la région des Appalaches atlantiques du Canada, In : *le Quaternaire du Canada et du Groenland*. R.J.Fulton édit. ch7 :421-474.
- Gray, J.T., 1987 : Quaternary processes and paleoenvironments in the Gaspé Peninsula and the Lower St. Lawrence Valley. XII th INQUA Congress Excursion Guide Book C-4, 84p.
- Gregory J.M. , Huybrechts P. And Raper S.C.B., 2004: *Nature* 428, 616
- IPCC, Ed, *Climate change 2001: the scientific basis, contribution of working group 1 to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, (Cambridge Univ. press, Cambridge, 2001) 881 p
- Ledoyer M. 1975. Les peuplements benthiques circalittoraux de la baie des Chaleurs (Golfe du Saint Laurent). *Trav. Pêch. Québec* 148 p. Distribution des sédiments.
- Pêches et Océans Canada, 2002 : *Tables des marées et courants du Canada 2002 vol 2*. 89 p.
- Overpeck J. T, Otto-Bliesner B.L., Miller G.H., Muhs D.R., Alley R.A. and Kiehl J.T., 2006: Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability and rapid sea-level rise. *Science* Vol 311: 17471750
- Owens E.H and frobel D.H., 1977 : Ridge and runnel systems in the Magdalen Islands, Quebec. *J.Sed.Petrol.* 47 (1) 191-198
- Piper, D. J.W., Mudie, P. J.,Fader,G.B., Josenhans, H. W., Mac Lean, B., and Vilks G., 1990: *Géologie du Quaternaire*, in Ch 10: *Géologie de la Marge continentale de l'Est du Canada*, Keen M.J., et Williams édit. 513-652.

- Quinlan G. et Beamont C.,1982 : The déglaciation of Atlantic Canada as reconstructed from the post-glacial relative sea-level record; Can. Journal Earth Sci v.19 :2232-2246.
- Rampton, V.N., Gauthier, R.C., Thibault, J. and Seaman, A.A., 1984: Quaternary geology of New Brunswick. Geological Survey of Canada, memoir 416, 77p.
- Renaud, L. ,2000 : Évolution et dégradation du barachois de Paspébiac, Mémoire maîtrise, UQAR 123p.
- Reinson G., E., 1992: Transgressive Barrier Island and Estuarine System, In: Facies Models. Response to Sea Level Change Edit Walker R.,G. and James N.P. GEOText1 GAC, 1992: 171-194.
- Schafer, C.T., 1977: Distribution and depositional history of sediments in Baie des Chaleurs., Gulf of St. Lawrence. Canadian Journal of Earth Sciences, 14 : 593-605.
- Schafer C.T. and Cole F.E., 1978: Distribution of foraminifera in Chaleurs Bay. Geological Survey of Canada, Paper 77-30, 55p.
- Syvitski, J. P.M. et Praeg, D.B., 1989: Quaternary sedimentation in the St.-Lawrence estuary and adjoining areas, eastern Canada. Géographie physique et Quaternaire vol.43 : 291-310.
- Syvitski J.P., 1992 : Marine Geology of Baie des Chaleurs. Géographie Physique et Quaternaire, vol.46 (3) : 331-348.
- Thomas ,M. L. H., Grant, D. R. ,and Degrace, M., 1973: A late Pleistocene marine shell deposit at Shippegan, New Brunswick; Can. Journal. Earth Sci. v.10: 1329-1332.
- William H., 1995; Géologie de l'orogénèse appalachien-calédonien au Canada et au Groenland. Com. Géol. Canada édit, 1032 p.