

**DISTRIBUTION ET CARACTÉRISATION
BIOÉCOLOGIQUES DE QUELQUES ZOSTÉRAIES
DE L'ESTUAIRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT**

Rapport présenté au

Service canadien de la faune
Environnement Canada

par

Richard Lalumière

MARS 1991

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Service canadien de la faune

Responsables délégués : Denis Lehoux
Luc Bélanger

Groupe Environnement Shooner

Chargé de projet : Richard Lalumière

Collaborateur : Louis Belzile

Travaux de terrain : Richard Lalumière
Louis Belzile
Carol Lépine
Claude Lemieux
Mario Savard
Nicolas Côté
Bernard Ostiguy
Alain Beauregard
Ian Shooner
Serge Shooner
Rudolf Havrenek
Jean-Guy Ladouceur
Gaétan Morissette

Identification des épiphytes : Michel Bilodeau

Cartographie : Christian Guay
Claire Thériault

Traitement de textes : Michelle Métivier
Nataly Aubert

TABLE DES MATIÈRES

	Page
ÉQUIPE DE RÉALISATION	i
TABLE DES MATIÈRES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
1 INTRODUCTION	1
2 ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES.....	4
2.1 Répartition de la zostère marine.....	4
2.2 Caractérisation bioécologique des zostérais.....	7
2.2.1 Échantillonnage de la zostère marine	7
2.2.2 Épiphytes.....	11
2.2.3 Sédiments.....	12
2.2.4 Arpentage.....	12
2.2.5 Température, salinité et vitesse de courant.....	12
3 RÉSULTATS.....	14
3.1 Répartition de la zostère	14
3.1.1 Côte-Nord	14
3.1.2 Les îles.....	22
3.1.3 Rive sud	22
3.1.4 Résumé	24
3.2 Zostérais de l'Isle-Verte	24
3.2.1 Caractéristiques physiques	26
3.2.1.1 Pente	26
3.2.1.2 Sédiments.....	29
3.2.1.3 Température, salinité et vitesse du courant	32
3.2.1.4 Turbidité	33
3.2.1.5 Résumé	34

TABLE DES MATIÈRES

	Page
3.2.2	Caractéristiques biologiques..... 34
3.2.2.1	Production de zostère 34
3.2.2.2	Épiphytes 36
3.2.2.3	Résumé 38
3.3	Zostérais de la Côte-Nord..... 38
3.3.1	Caractéristiques physiques 38
3.3.1.1	Pente 38
3.3.1.2	Sédiments..... 41
3.3.1.3	Température, salinité et vitesse de courant..... 42
3.3.1.4	Résumé 44
3.3.2	Caractéristiques biologiques..... 45
3.3.2.1	Production de zostère 45
3.3.2.2	Épiphytes 45
3.3.2.3	Résumé 49
4	DISCUSSION..... 50
4.1	Répartition de la zostère 50
4.2	Caractéristiques biophysiques 52
4.3	Recommandations..... 55
5	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 56

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU 1.	Résumé des travaux réalisés dans les zostérais de l'Isle-Verte à l'été 1990.....	10
TABLEAU 2.	Résumé des travaux réalisés dans les zostérais de Pointe-aux-Outardes et de Manicouagan à l'été 1990.....	11
TABLEAU 3.	Mesures de la température et de la salinité de l'eau et de la vitesse du courant effectuées à l'été 1990.....	13
TABLEAU 4.	Résultats d'analyses des sédiments (Isle-Verte, été 1990).....	31
TABLEAU 5.	Variations de température, de salinité et de vitesse du courant mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des zostérais de l'Isle-Verte (été 1990).....	32
TABLEAU 6.	Production de zostère marine des deux herbiers (D-1 et D-2) de la région de l'Isle-Verte (7 sept. 1990).....	35
TABLEAU 7.	Diversité et densité (N/m ²) des épiphytes de la zostère marine (Isle-Verte, herbier D-2, 21 août 1990).....	37
TABLEAU 8.	Résultats d'analyses des sédiments (Côte-Nord, été 1990).....	41
TABLEAU 9.	Variations* de température, de salinité et de vitesse de courant mesurées à l'intérieur et à l'extérieur de quelques zostérais de la Côte-Nord (sept. 1990).....	42
TABLEAU 10.	Données de température et de salinité de l'eau par-dessus l'herbier A de Manicouagan.....	43
TABLEAU 11.	Production de zostère marine de quelques herbiers de la Côte-Nord (17/09/90).....	46
TABLEAU 12.	Diversité et densité (N/m ²) des épiphytes de la zostère marine (Herbier A, B et C, Manicouagan, 15 septembre 1990).....	48
TABLEAU 13.	Comparaison de la production de zostère marine de diverses régions du Québec.....	54

LISTE DES FIGURES

	Page
FIGURE 1. Localisation des sites d'inventaire de la zostère marine dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.....	5
FIGURE 2. Localisation de la région de l'Isle-Verte et limites approximatives des herbiers étudiés à l'été 1990	8
FIGURE 3. Localisation approximative des herbiers étudiés à l'embouchure de la rivière aux Outardes et près de la péninsule de Manicouagan à l'été 1990	9
FIGURE 4. Répartition de la zostère marine à l'embouchure de la rivière des Grandes Bergeronnes.....	15
FIGURE 5. Répartition de la zostère marine dans la baie de Mille-Vaches et vis-à-vis de Sainte-Anne-de-Portneuf.....	16
FIGURE 6. Répartition de la zostère marine dans la baie Laval.....	18
FIGURE 7. Répartition de la zostère marine à l'embouchure de la rivière aux Outardes.....	19
FIGURE 8. Répartition de la zostère marine dans la baie Saint-Ludger.....	20
FIGURE 9. Répartition de la zostère marine de la Pointe Manicouagan à la Pointe Lebel.....	21
FIGURE 10. Répartition de la zostère marine dans la réserve nationale de faune de Pointe-au-Père.....	23
FIGURE 11. Localisation des herbiers de zostère marine de la région de l'Isle-Verte (D-1 à D-8) et des transects d'arpentage effectués à l'été 1990 (T-1 à T-7)	25
FIGURE 12. Profil de pente de l'herbier D-1.....	27
FIGURE 13. Profils de pente (transects T-1 à T-6) de l'herbier D-2	28
FIGURE 14. Localisation approximative de la limite des basses mers extrêmes dans la région de l'Isle-Verte.....	30
FIGURE 15. Profils de pente de l'herbier A (Manicouagan)	39
FIGURE 16. Profils de pente de deux herbiers de la Pointe-aux-Outardes	40
FIGURE 17. Comparaison de la production de zostère marine à l'Isle-Verte et sur la Côte-Nord.....	47

LISTE DES FIGURES

	Page
FIGURE 18. Localisation des sites colonisés par la zostère marine dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent	51
FIGURE 19. Modèle conceptuel préliminaire de la présence de zostère marine dans l'estuaire du Saint-Laurent	53

1 INTRODUCTION

Il existe au Québec une ressource naturelle mal connue et peu documentée. Il s'agit de la zostère marine (*Zostera marina* L.), une plante à fleur qui forme de vastes herbiers aquatiques le long de certains littoraux saumâtres ou salés. Dans la province, on en retrouve le long de la côte orientale de la baie James et de la baie d'Hudson, à certains endroits dans l'estuaire et le Golfe du Saint-Laurent, dans la rivière Saguenay, dans la Baie-des-Chaleurs et aux Îles-de-la-Madeleine.

À ce jour, seules les zostérais de la côte orientale de la baie James et de la baie d'Hudson ont fait l'objet d'études, surtout dans le cadre des travaux menés par la S.E.B.J. et Hydro-Québec. Mentionnons brièvement les cartes de répartition établis par Curtis (1974-75), Lalumière (1987) et Lalumière et Belzile (1990), et la caractérisation bioécologique de quelques zostérais de la baie James effectuée par Lalumière (1987 et 1988).

Il est surprenant que les herbiers de zostère de l'estuaire du Saint-Laurent n'aient pas encore été étudiés, car de 1883 à 1929, ceux de la région de l'Isle-Verte ont fait l'objet d'une industrie florissante alors que la plante était récoltée et servait, une fois séchée, d'isolant et de matériel de rembourrage (Michaud 1985, 1989). Le principal fournisseur en vendait 3 600 tonnes par année (Lewis, 1931).

Deux raisons pourraient expliquer le peu d'éléments de connaissance que nous ayons de ces herbiers dans le fleuve. La première serait liée à leur localisation en zone intertidale ou subtidale, où les conditions du milieu ne facilitent pas leur étude (jeu des marées, etc.). Peu visibles à marée basse, ces herbiers n'attirent guère l'attention. La seconde raison serait imputable au "wasting disease", une maladie dont la cause demeure encore obscure aujourd'hui, mais qui, de 1930 à 1933, a décimé la plupart des herbiers de zostère de l'Atlantique, incluant ceux des côtes américaines et européennes, de même que ceux des provinces maritimes et de l'estuaire du Saint-Laurent (Rasmussen, 1973; Milne et Milne, 1951). Au Québec, ce dépérissement a mis fin à son exploitation commerciale; depuis, l'espèce semble se rétablir mais on en sait guère plus sur sa répartition.

Ce sont les effets dévastateurs de ce dépérissement sur l'avifaune, les pêcheries commerciales et les mollusques qui ont contribué à mettre en lumière le rôle écologique fondamental que jouent les herbiers de zostère, en particulier dans la chaîne alimentaire marine. Du début des années soixante à aujourd'hui, les scientifiques américains ont produit une littérature abondante sur l'écologie de cette espèce et son importance pour la faune avienne et aquatique (Thayer et coll., 1984; McRoy et McMillan, 1977; McRoy et Lloyd, 1981; Kelley, 1986, pour n'en citer que quelques-uns). Les travaux conjoints menés par la S.E.B.J. et le Service canadien de la faune à la baie James ont mis en évidence la forte utilisation des herbiers de zostère par la Bernache cravant, lors des migrations printanières et automnales et pour l'alimentation de plusieurs espèces de canards plongeurs et barboteurs (Benoit et coll., 1991).

Compte tenu de leur rôle écologique, il n'est pas surprenant que plusieurs équipes de recherche aient tenté de procéder à la transplantation de zostère dans le but d'accélérer son rétablissement suite au "wasting disease", ou encore pour accroître la qualité d'habitat de certains segments littoraux qui en étaient dépourvus. Aujourd'hui, la technique de transplantation est éprouvée (Addy, 1947; Fonseca et coll., 1979, 1982, 1984 et 1985; Kenworthy et coll., 1980; Lindall et coll., 1979; Philipps, 1974; Riner, 1976; Thayer et coll., 1984; Thorhaug, 1976; Philipp et Lewis, 1983).

Au Québec, des organismes comme le Service canadien de la faune, la Division de l'habitat du ministère des Pêches et des Océans et Canards Illimités sont à la recherche de techniques efficaces de création d'habitats qui pourraient éventuellement servir comme mesure de mitigation ou simplement comme outil de bonification du milieu pour la faune.

Depuis 1989, le Service canadien de la faune s'intéresse à la transplantation de la zostère marine, à la fois comme outil pour améliorer la qualité d'habitat des réserves nationales de faune et celle d'autres segments littoraux qui en sont dépourvus.

Avant d'initier un programme de transplantation, il était impératif d'acquérir certaines connaissances de base sur la bioécologie des herbiers de zostère de l'estuaire, afin de mieux cerner les exigences de l'espèce eu égard aux divers paramètres physiques de

l'habitat. De plus, des essais de transplantation s'avéraient également nécessaires afin d'adapter les techniques existantes aux conditions particulières de l'estuaire du Saint-Laurent.

C'est dans cette optique, qu'en 1989, le Service canadien de la faune mandatait le Groupe Environnement Shooner pour réaliser une brève étude sur la répartition de la zostère marine le long de quelques segments littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. Les résultats de cette étude (Lalumière et coll., 1989), largement repris dans le présent rapport, ont servi de base à une étude plus exhaustive dont les objectifs spécifiques sont les suivants:

- caractérisation bioécologique des herbiers de zostère de l'Isle-Verte, de Pointe-aux-Outardes et de Manicouagan;
- établissement d'une clef d'identification de segments littoraux propices à la transplantation de la zostère marine basée sur la caractérisation précédente;
- essais de transplantation de zostère dans la région de l'Isle-Verte en utilisant plusieurs techniques (diverses profondeurs, diverses périodes de l'année, etc.);
- et à partir des essais de transplantation, élaboration d'un manuel-guide permettant d'utiliser cet outil d'aménagement à plus grande échelle.

Précisons à ce point, que cette étude répond directement aux objectifs spécifiques de deux volets du plan d'action Saint-Laurent, soit la conservation et la restauration.

Les résultats obtenus sont consignés dans deux rapports, celui-ci traitant de la caractérisation bioécologique des herbiers et le second qui porte exclusivement sur les essais de transplantation.

Le contenu du présent rapport est livré en trois chapitres. Le premier rappelle les aspects méthodologiques, le second présente les résultats alors que le troisième et dernier volet les discute et comprend quelques recommandations pour orienter les études futures.

2 ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

Cette section comprend deux volets distincts, l'un qui traite des aspects méthodologiques de la brève étude portant sur la répartition de la zostère dans l'estuaire et l'autre de ceux inhérents à la caractérisation bioécologique de quelques zostérais.

2.1 Répartition de la zostère marine

En 1989, la reconnaissance de la zostère marine a porté sur les segments littoraux suivants (Figure 1):

- Côte-Nord de l'estuaire:
- Pointe-aux-Alouettes;
 - embouchures et environs des rivières Petites Bergeronnes et Bersimis;
 - baies de Mille-Vaches et de Laval;
 - littoral vis-à-vis Sainte-Anne-de-Portneuf;
 - Pointe-aux-Outardes;
 - embouchure de la rivière Manicouagan.
- Rive sud de l'estuaire:
- littoral fluvial compris à l'intérieur des réserves nationales de faune de l'Isle-Verte, de Pointe-au-Père et de Cacouna (projetée);
- Littoral insulaire:
- Îles Blanche et du Pot à l'Eau-de-Vie (Brandy Pot) et extrémité est de l'île aux Lièvres.

Les sites d'inventaires localisés en rive sud du Saint-Laurent et en périphérie des îles, de même que le site de la Pointe-aux-Alouettes en rive nord, ont été visités du 27 août au 2 septembre 1989 inclusivement. Lorsque les eaux étaient transparentes, la côte était longée en bateau, en zigzaguant. Quand la visibilité diminuait, de multiples vérifications en plongée étaient réalisées. Dès qu'un herbier était repéré, plusieurs transects perpendiculaires à la rive étaient parcourus, depuis le large jusqu'au bord, par un plongeur remorqué derrière un bateau à moteur. Le début et la fin de chaque herbier

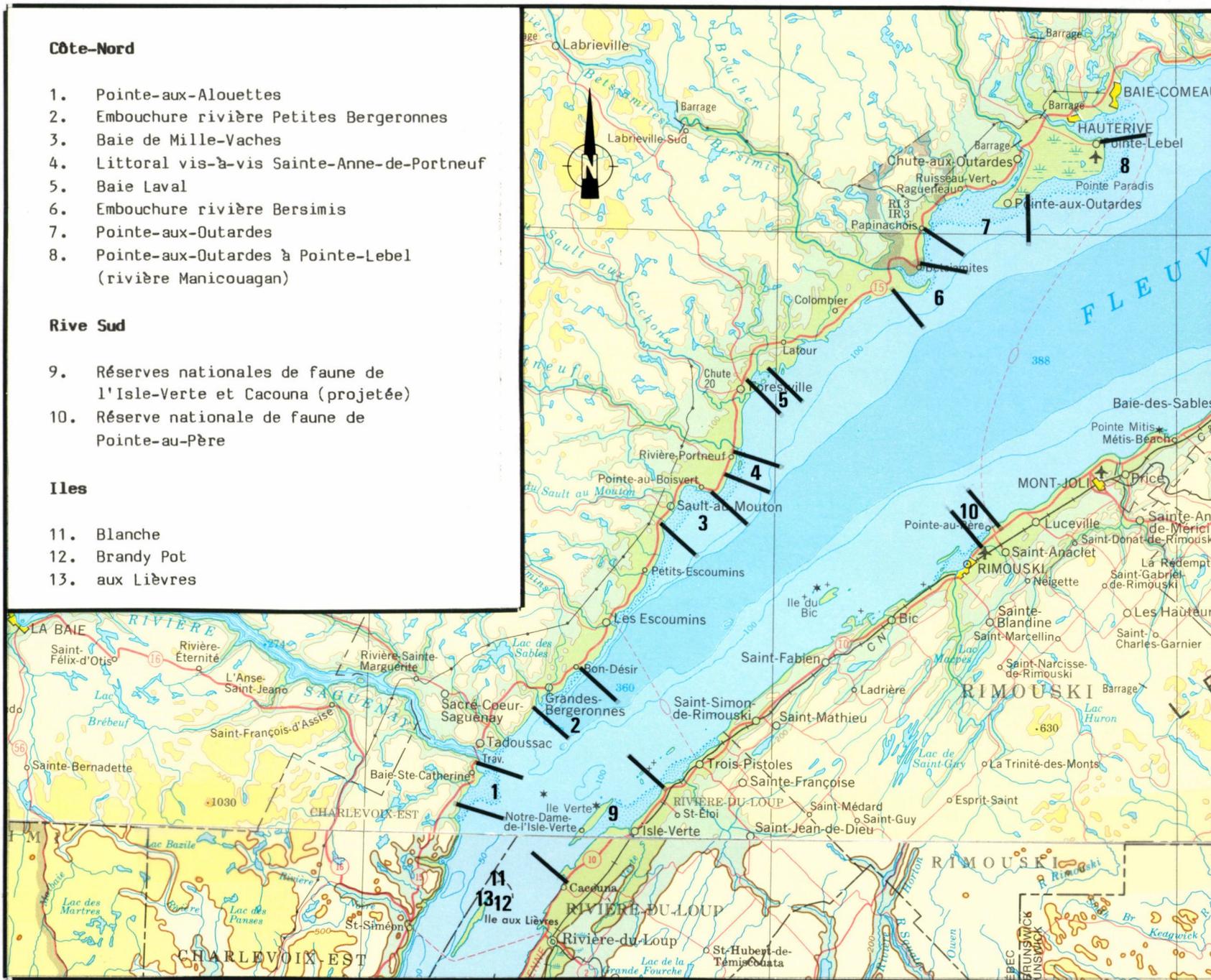


FIGURE 1. Localisation des sites d'inventaire de la zostère marine dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

étaient reportés sur carte au 1:50 000, avec les données de localisation prises au compas de relèvement. Lorsque le niveau d'eau était trop faible pour circuler en embarcation, le transect était parcouru à pied.

Les herbiers de zostère ont été caractérisés quant à leur structure:

- herbier continu : étendue dense et homogène de zostère;
- herbier discontinu : mosaïque d'îlots de zostère et de zones dénudées où la proportion d'îlots est nettement plus élevée;
- herbier épars : mosaïque d'îlots de zostère et de zones dénudées où la proportion de ces dernières est nettement plus élevée;
- présence : quelques plants ou très peu d'îlots de zostère.

À l'intérieur de chacune de ces structures d'herbiers, la densité des plants se présente comme suit:

- herbiers continus et discontinus : densité élevée;
- herbiers épars et présence : densité moyenne à faible.

En ce qui a trait aux réserves nationales de faune de l'Isle-Verte et de Cacouna (projetée), la carte de répartition de la zostère, établie par Garneau (1984), a également servi à orienter l'inventaire.

En rive nord, l'inventaire de la zostère s'est déroulé de façon irrégulière de la mi-août à la fin septembre 1989. Tout le littoral fluvial compris entre Tadoussac et l'embouchure de la rivière Manicouagan a été visité en embarcation à moteur. Les embouchures des rivières Petites Bergeronnes et Bersimis de même que la Pointe-aux-Outardes, ont fait l'objet de multiples plongées de vérification.

La localisation des herbiers a été réalisée en survol aéroporté après vérification au sol. Ce survol a été effectué sous d'excellentes conditions climatiques et à marée basse. Les

résultats obtenus constituent une très bonne approximation de la répartition de la zostère pour tout le littoral survolé.

La classification des herbiers (structure et densité) est analogue à celle utilisée en rive sud.

Les herbiers répertoriés ont tous été cartographiés à l'échelle 1:50 000.

2.2 Caractérisation bioécologique des zostérais

Suite aux travaux d'inventaire des zostérais, il a été convenu d'axer les travaux de caractérisation bioécologique sur les herbiers des régions:

- de l'Isle-Verte;
- de la Pointe-aux-Outardes;
- et de Manicouagan.

Les figures 2 et 3 illustrent leur localisation approximative alors que les tableaux 1 et 2 résument la nature des relevés effectués à chaque endroit. Les sections suivantes livrent le détail des méthodes utilisées.

2.2.1 Échantillonnage de la zostère marine

L'échantillonnage de la zostère a été effectué dans des places-échantillons d'une superficie de 0,15 m². Le choix des places-échantillons a été effectué au hasard, là où l'herbier apparaissait homogène. Toutes les tiges présentes ont été comptées sur place, en distinguant les végétatives des reproductrices. Elles ont ensuite été sectionnées.

Au laboratoire, les feuilles de zostère ont été lavées de tous les épiphytes qui étaient recueillies sur un tamis de 0,5 mm. Les échantillons de feuilles ont par la suite été expédiés au laboratoire de Génie sanitaire du Québec où ils ont été séchés à 70°C pendant 72 heures. Leur poids sec était alors mesuré au dixième de gramme.

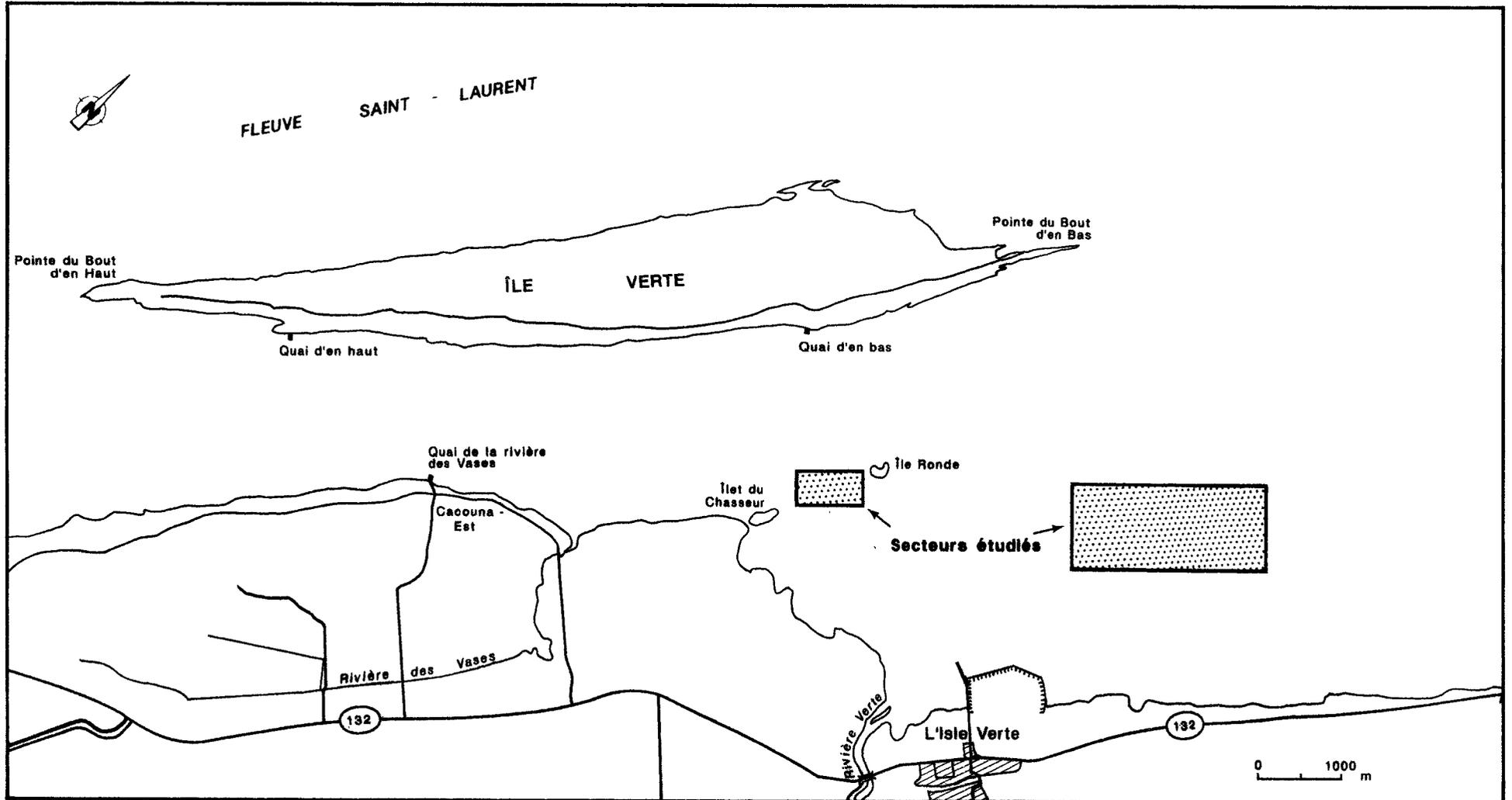


FIGURE 2. Localisation de la région de l'île Verte, et limites approximatives des herbiers étudiés à l'été 1990.

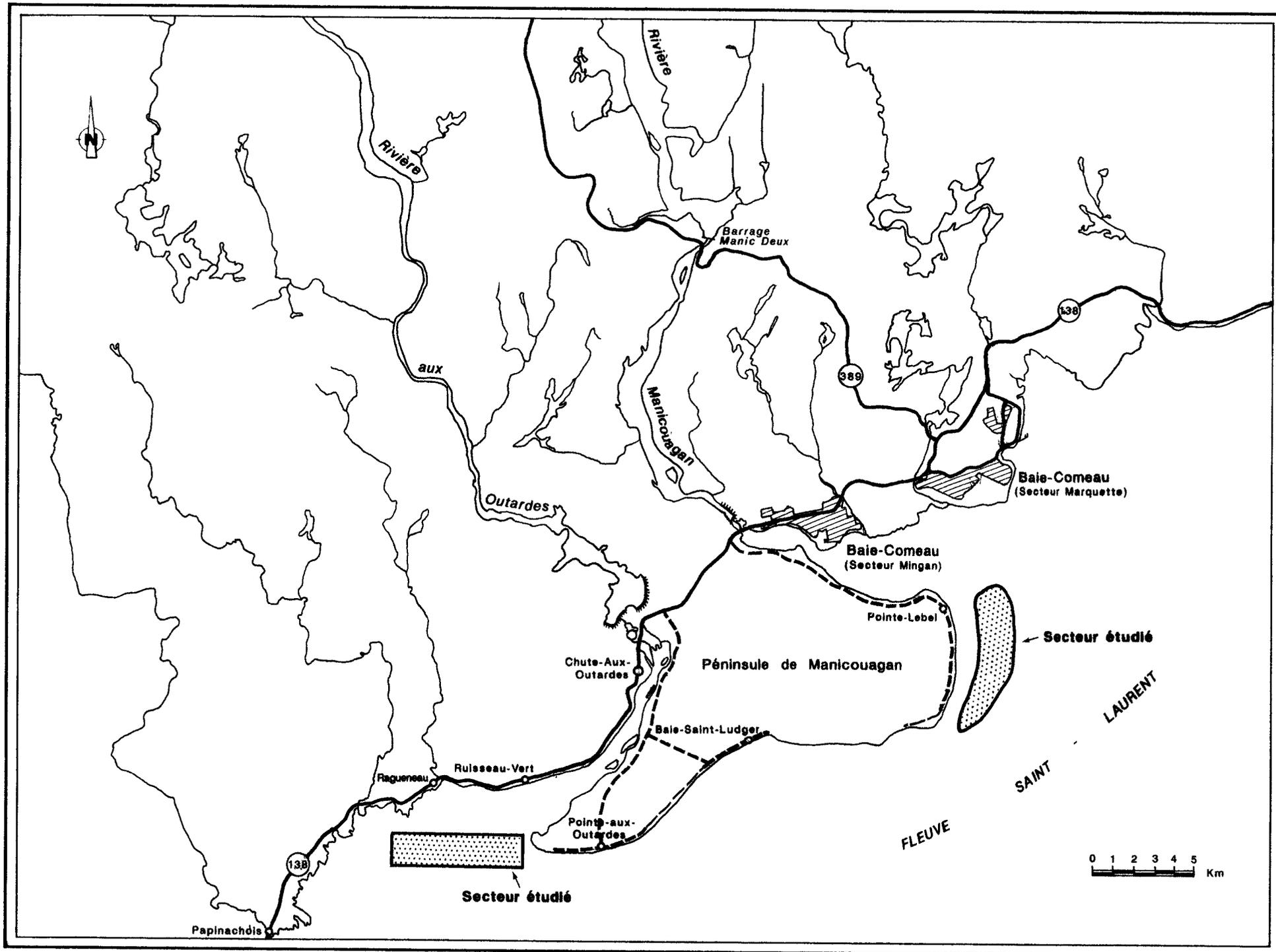


FIGURE 3. Localisation approximative des herbiers étudiés à l'embouchure de la rivière aux Outardes et près de la péninsule de Manicouagan à l'été 1990.

Cette procédure est en tout point identique à celle utilisée par Lalumière (1988) et Lalumière et Belzile (1989, 1990a et b) pour les herbiers de zostère de la baie James et de la baie d'Hudson. Elle a été utilisée afin de produire des résultats comparables.

Les résultats de biomasse et de densité de rameaux sont exprimés par mètre carré.

TABLEAU 1. Résumé des travaux réalisés dans les zostérais de l'Isle-Verte à l'été 1990.

Herbiers	Nature des travaux	Date
D-1	• Prélèvement de 7 échantillons de zostère (0,15 m ²) pour détermination ultérieure de la biomasse sèche moyenne produite (g/m ²) et de la densité de rameaux végétatifs et reproducteurs;	5 septembre
	• prélèvements de 3 échantillons de sédiments pour analyse de la granulométrie, du rapport C/N et du % de matières organiques;	5 septembre
	• arpentage d'un transect pour déterminer le profil de pente;	4 septembre
	• mesures de la température et de la salinité de l'eau, de même que la vitesse du courant pendant un cycle de marée.	5-6 septembre
D-2	• Prélèvement de 13 échantillons de zostère (0,15m ²) pour détermination ultérieure de la biomasse sèche moyenne produite (g/m ²) et de la densité de rameaux végétatifs et reproducteurs;	6 septembre
	• prélèvement de 10 échantillons de zostère (0,15m ²) pour détermination de la diversité et de l'abondance d'épiphytes au mètre carré;	21 août
	• prélèvement de 17 échantillons de sédiments à l'intérieur et l'extérieur de l'herbier pour analyse de la granulométrie, du rapport C/N et du % de matières organiques;	21 août
	• arpentage de la transects pour déterminer le profil de pente;	4 septembre
	• mesures de la température et de la salinité de l'eau de même que la vitesse du courant à l'intérieur et à l'extérieur de l'herbier	5-6 septembre

* Voir figure 11 pour la localisation des herbiers étudiés.

TABLEAU 2. Résumé des travaux réalisés dans les zostérais de Pointe-aux-Outardes et de Manicouagan à l'été 1990.

Herbiers	Nature des travaux	Date
Manicouagan	• Prélèvement de 10 échantillons (0,15m ²) de zostère dans l'herbier A*, 3 dans l'herbier B et 2 dans l'herbier C pour détermination de la biomasse sèche produite (g/m ²), de la densité de rameaux végétatifs et reproducteurs et de la diversité et de l'abondance d'épiphytes;	13 septembre
	• prélèvement de 2 échantillons de sédiments dans l'herbier A, 2 dans l'herbier B et 1 dans l'herbier C pour analyse de la granulométrie, du rapport C/N et du % de matières organiques;	13 septembre
	• arpentage de trois transects pour détermination du profil de pente de l'herbier A;	3 octobre
	• mesures de la température et de la salinité de l'eau et de la vitesse du courant.	3 octobre
Pointe-aux-Outardes	• Prélèvement de 5 échantillons (0,15m ²) dans les herbiers A et B pour les mêmes fins qu'à Manicouagan;	14 septembre
	• prélèvement d'un échantillon de sédiments dans les herbiers A et B pour les mêmes analyses;	14 septembre
	• quelques mesures de température, de salinité et de vitesse de courant	4 octobre

- Voir figures 7 et 9 pour la localisation des herbiers étudiés.

2.2.2 Épiphytes

Les épiphytes ont été identifiées à l'espèce, lorsque possible, et dénombrés. Leur densité est exprimée au mètre carré.

2.2.3 Sédiments

Dans les herbiers de zostère, les sédiments ont été prélevés dans les premiers 20 cm et sont considérés représentatifs des conditions de croissance de la rhizosphère. Tous les échantillons ont été conservés congelés jusqu'à leur analyse au laboratoire de pédologie de la faculté de Foresterie et de Géomatique de l'Université Laval.

Les analyses granulométriques ont été effectuées selon la méthode densimétrique de Boyoucos (1936). La teneur en matières organiques a été mesurée par la méthode de Walkley et Black (1934) et le pourcentage de matières organiques a été obtenu en multipliant le carbone organique par le facteur de Van Bremmelan, soit 1,724. La quantité d'azote a été déterminée au moyen de la méthode macro-Kjeldahl.

2.2.4 Arpentage

Les travaux d'arpentage ont été effectués par un arpenteur-géomètre en utilisant des appareils de haute précision. Toutes les élévations mesurées le sont par rapport à des points géodésiques connus et conséquemment expriment des différences d'altitude par rapport au zéro géodésique (niveau moyen de la mer).

2.2.5 Température, salinité et vitesse de courant

Le tableau 3 précise les détails relatifs à la prise de données de température (°C), de salinité (‰) et de vitesse de courant (m/s). Les déterminations de la température et de la salinité ont été effectuées avec un appareil YSI modèle 33 (précision $\pm 0^{\circ}\text{C}$ et $\pm 0,5\text{‰}$) alors que celles du courant ont été obtenues avec un courantomètre Montedoro-Whitney (modèle PVM-2A) en plusieurs points de la colonne d'eau (0,2H, 0,6H et 0,8H).

TABLEAU 3. Mesures de la température et de la salinité de l'eau et de la vitesse du courant effectuées à l'été 1990.

Stations	Date	Fréquence	État de la marée*
<u>Isle-Verte</u>			
• Herbier D-1	06-09-90	Mesures à toutes les demi-heures de 8h00 à 18h00	- 8h00 à 10h30 fin du baissant; - 10h30 à 16h30 marée montante; - 16h30 à 18h00 début du baissant.
• Herbier D-2 • Chenal entre l'Isle-Verte et l'Île Ronde (sans zostère)	05-09-90	Mesures à toutes les demi-heures de 7h30 à 18h00	- 7h30 à 10h30 fin du baissant; - 10h30 à 16h00 marée montante; - 16h00 à 18h00 début du baissant.
<u>Manicouagan</u>			
• Herbier A • Hors de l'herbier A	02-10-90	Mesures à toutes les demi-heures de 12h15 à 16h15	- fin du montant jusqu'au début du baissant.
<u>Pointe-aux-Outardes</u>			
• Herbier de zostère • Hors de l'herbier de zostère	03-10-90	Mesures à toutes les demi-heures de 13h00 à 17h00	- fin du montant jusqu'au début du baissant.

* Les mesures ont été effectuées en période de vives eaux; à Manicouagan et à Pointe-aux-Outardes, les conditions de travail n'ont pas permis de couvrir un cycle de marée.

3 RÉSULTATS

Le contenu de ce chapitre est livré en trois sections distinctes qui présentent respectivement les résultats relatifs à la répartition de la zostère le long de quelques segments côtiers de l'estuaire, de même que ceux inhérents à la caractérisation bioécologique des zostérais de l'Isle-Verte et de la Côte-Nord (Pointe-aux-Outardes et Manicouagan).

3.1 Répartition de la zostère

Les résultats obtenus sont présentés sous forme cartographique à l'échelle 1:50 000.

3.1.1 Côte-Nord

Pointe-aux-Alouettes

La zostère marine est absente de la Pointe-aux-Alouettes. L'inventaire en bateau et en plongée n'a pu révéler la présence de cette espèce.

Embouchure de la rivière des Petites Bergeronnes

En fait, tout le littoral depuis l'Anse aux Pilotes jusqu'au Cap de Bon Désir a été couvert (Figure 4). L'espèce est absente partout, sauf dans l'embouchure de la rivière des Grandes Bergeronnes, où elle apparaît de façon très sporadique en périphérie du chenal principal du cours d'eau. Il s'agit de plants plus ou moins isolés ou encore de petits îlots épars. En hauteur, la plante ne dépasse guère 30 cm.

Baie de Mille-Vaches et littoral vis-à-vis Sainte-Anne-de-Portneuf

L'immense baie de Mille-Vaches est pratiquement dépourvue de zostère sauf pour l'herbier illustré à la figure 5. De même, un très petit herbier a été localisé sur le littoral fluvial situé en face de la municipalité de Sainte-Anne-de-Portneuf. Il s'agit dans les deux cas d'herbiers discontinus, où la densité des plants a été jugée moyenne.

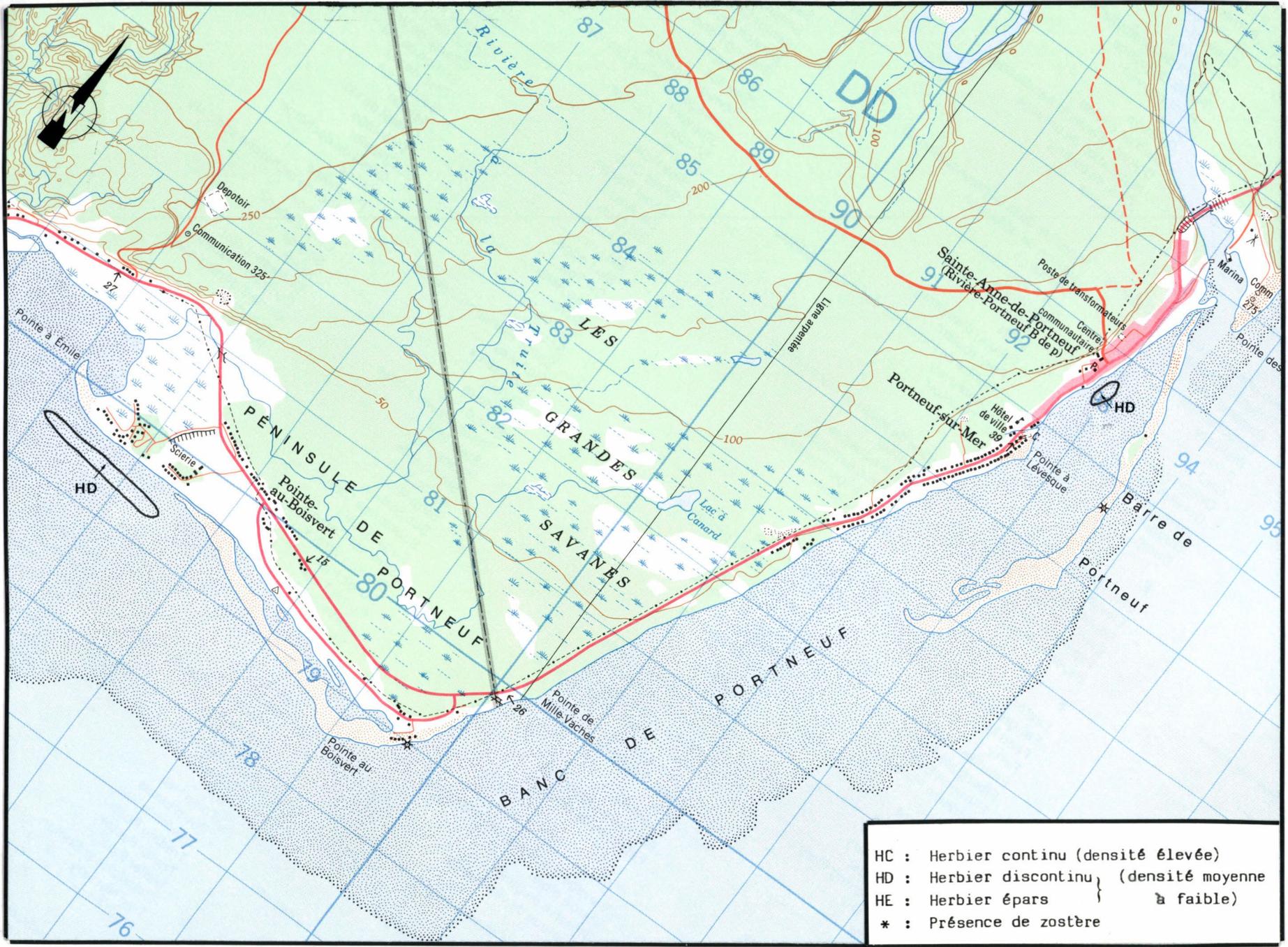


FIGURE 5. Répartition de la zostère marine dans la baie de Mille-Vaches et vis-à-vis de Sainte-Anne-de-Portneuf.

Baie Laval

À l'instar de l'embouchure de la rivière des Grandes Bergeronnes, la zostère croît en marge du chenal principal de la rivière Laval (Figure 6). Là encore, il s'agit de faibles concentrations (quelques îlots très épars).

Embouchure de la rivière Bersimis

La zostère est totalement absente de cette embouchure jusqu'au niveau du village de Papinachois, où elle réapparaît de façon sporadique.

Embouchure de la rivière aux Outardes

La baie aux Outardes, dans laquelle se déverse la rivière du même nom, constitue un des segments littoraux inventoriés sur la Côte-Nord où il y a passablement de zostère. Grâce au survol aéroporté, la figure 7 donne un aperçu fidèle de la répartition de la zostère marine à cet endroit.

Ici encore, la zostère se concentre en marge des chenaux principaux de la rivière et forme surtout des herbiers continus et discontinus. Au travers les herbiers, l'espèce apparaît ici et là en îlots de très petite superficie. La hauteur des plants varie de 30 à 60 cm.

Au plan de l'utilisation faunique, soulignons qu'à l'automne de 1988 et de 1989, plusieurs milliers de Canards noirs ont été observés dans cette baie par-dessus les herbiers de zostère.

Baie Saint-Ludger et Pointe Manicouagan à Pointe-Lebel

Le littoral compris entre la baie Saint-Ludger et l'embouchure de la rivière Manicouagan est propice à la croissance de la zostère marine comme en témoignent les figures 8 et 9.

Là encore, il s'agit surtout d'herbiers continus ou discontinus. À mesure qu'on se rapproche du chenal principal de la rivière Manicouagan, les herbiers sont davantage épars et les plants sont plus courts (10 à 15 cm environ).

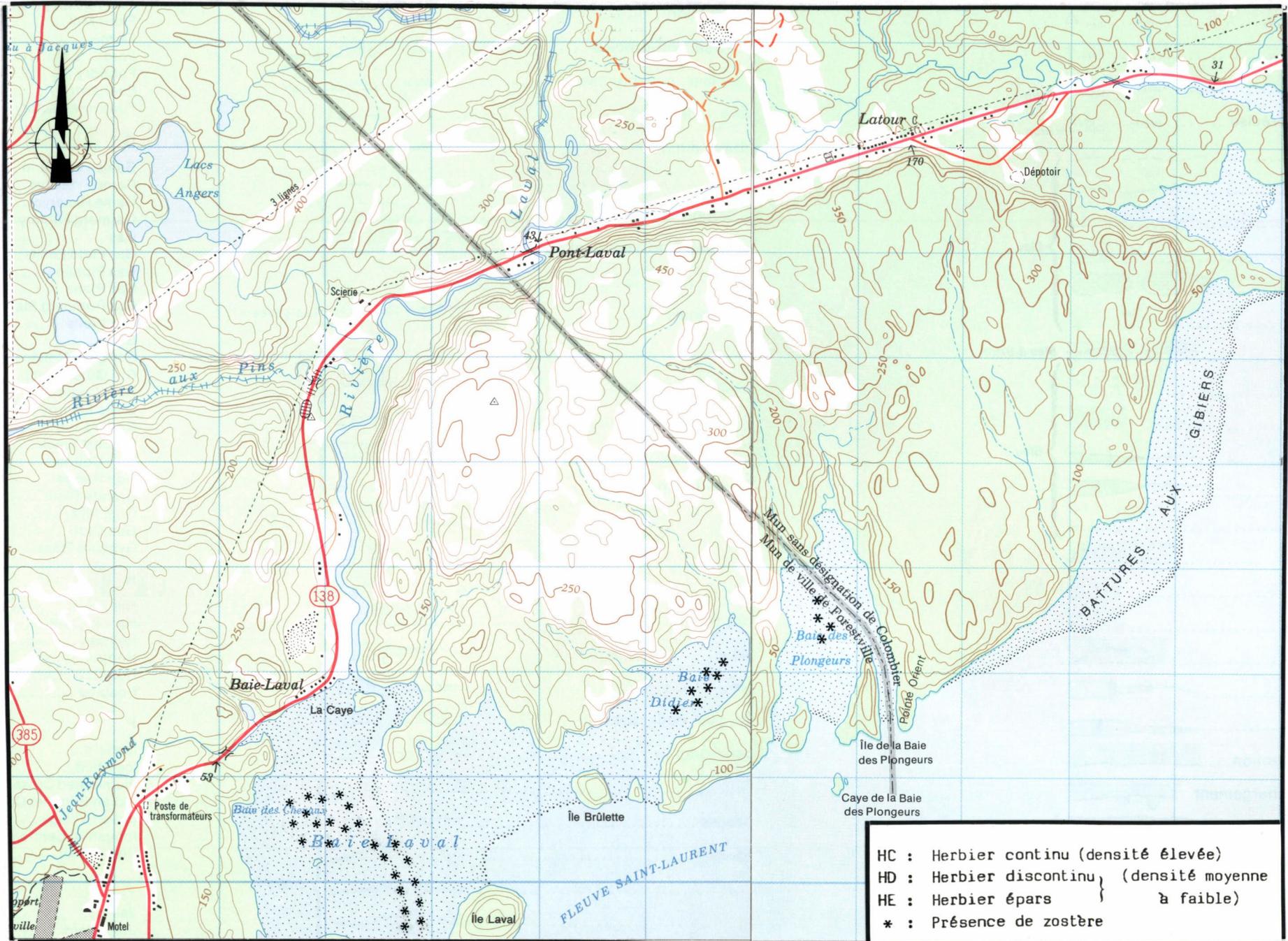


FIGURE 6. Répartition de la zostère marine dans la baie Laval.

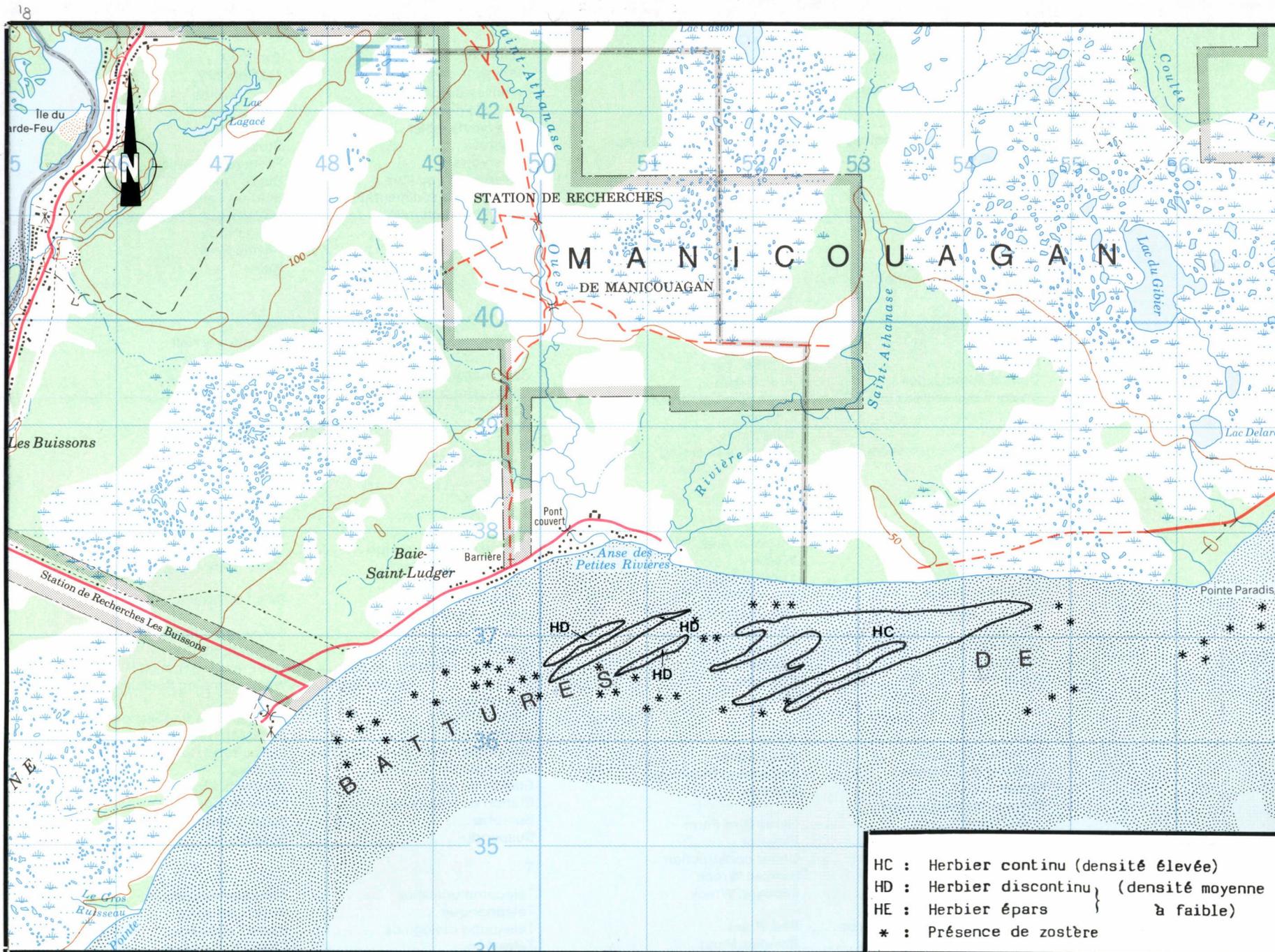


FIGURE 8. Répartition de la zostère marine dans la baie Saint-Ludger.

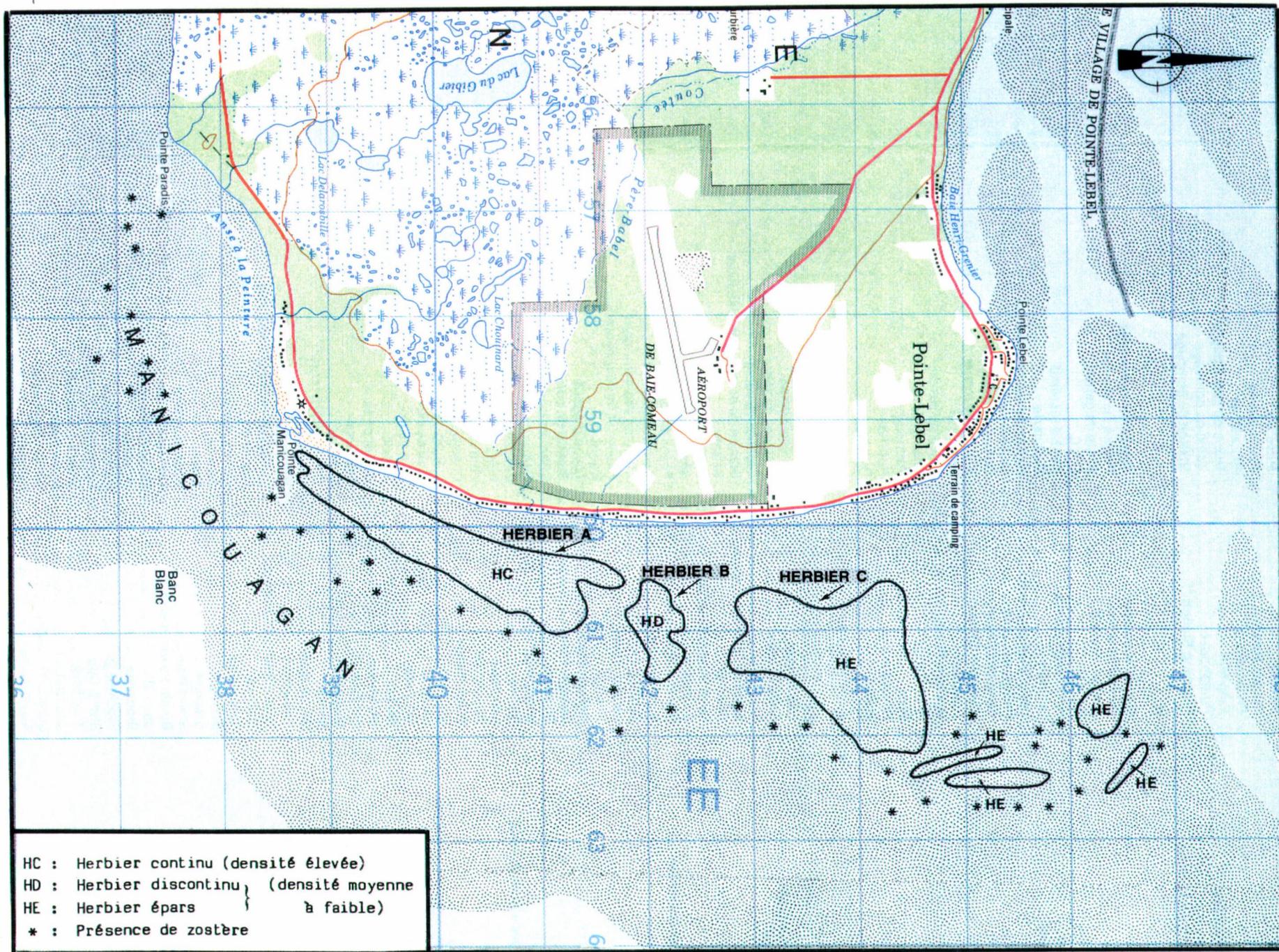


FIGURE 9. Répartition de la zostère marine de la Pointe Manicouagan à la Pointe Lebel.

Tout comme pour la baie aux Outardes, la baie Saint-Ludger et le littoral compris entre la Pointe Manicouagan et la Pointe-Lebel sont fréquentés à chaque automne par plusieurs milliers de Canards noirs.

3.1.2 Les îles

Le pourtour de l'île Blanche, celui de l'île du Pot-à-l'Eau-de-Vie (Brandy Pot) et l'extrémité est de l'île aux Lièvres sont totalement dépourvus de zostère marine. Il s'agit plutôt de milieux très propices à la croissance de laminaires, qui s'y trouvent en concentrations élevées.

3.1.3 Rive sud

Réserve nationale de la faune de Pointe-au-Père

La figure 10 illustre le seul herbier de zostère répertorié à cet endroit. Il s'agit d'un herbier épars (faible densité) qui colonise une partie de la zone d'influence du panache d'eau douce de la rivière Sainte-Anne. Les plants ne dépassent guère 50 cm de hauteur.

Réserves nationales de la faune de l'Isle-Verte et de Cacouna (projeté)

Dans le cas de ce segment littoral, il est préférable d'illustrer la répartition de la zostère à partir des photographies aériennes couleurs 1:5 000 prises à l'été 1989 par le Service canadien de la faune (voir Figure 11, section 3.2). Dans la réserve de l'Isle-Verte, elle se concentre en périphérie de l'Île Ronde et entre l'embouchure de la rivière Verte et la Pointe à la Loupe. Elle y forme des herbiers continus de belle venue.

Il existe un peu de zostère dans la baie de Cacouna. Elle y forme un herbier épars. Il s'agit en fait d'îlots de zostère de faible densité qui poussent en mosaïque avec des algues (*Fucus* sp). La répartition de l'espèce à cet endroit n'est pas cartographiée. Elle ne diffère pas de celle établie par Garneau (1984).

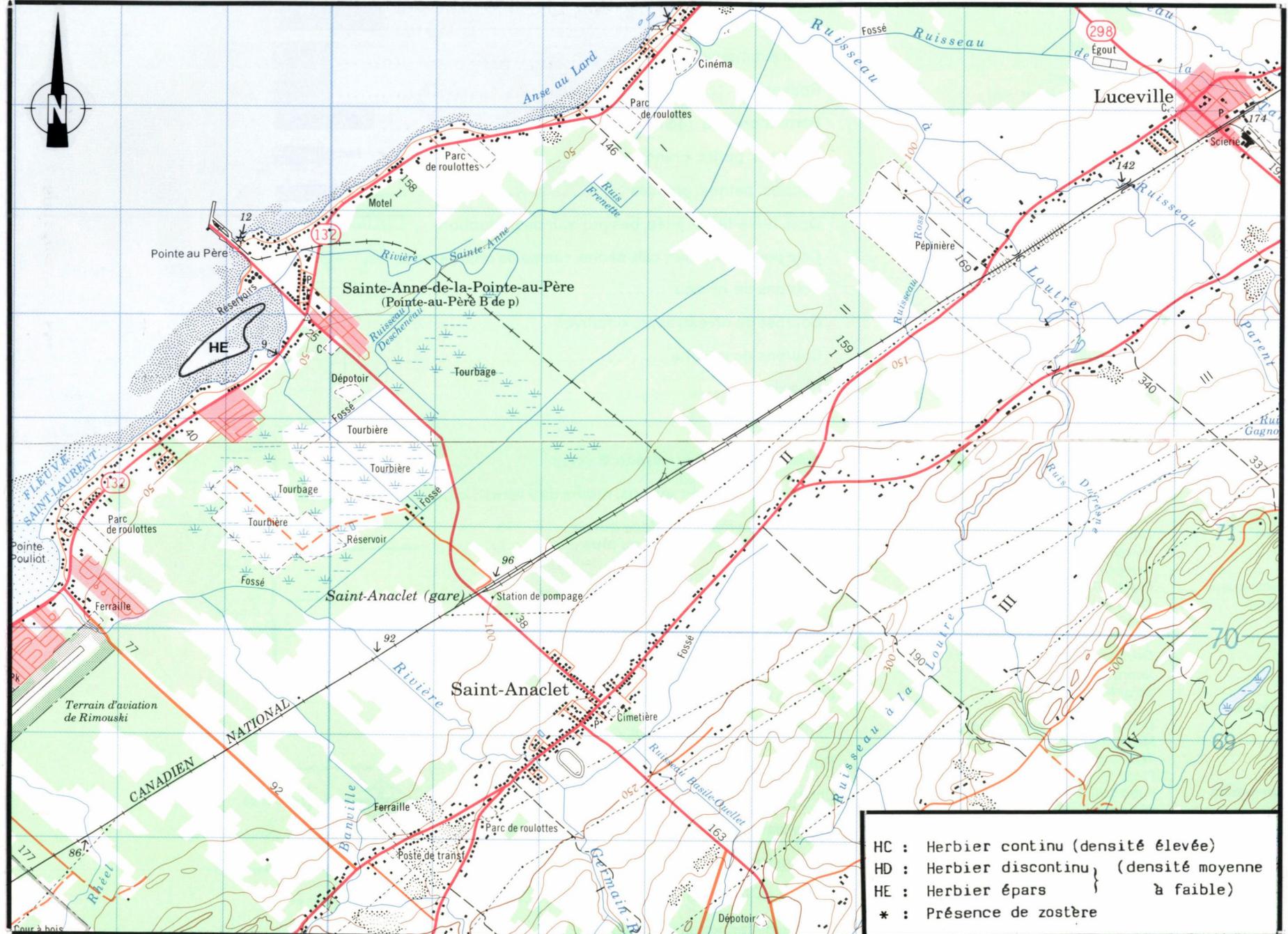


FIGURE 10. Répartition de la zostère marine dans la réserve nationale de faune de Pointe-au-Père.

3.1.4 Résumé

Il s'en dégage que sur la Côte-Nord, entre l'embouchure du Saguenay et la rivière Manicouagan, la zostère croît surtout sur des grandes battures comme celles de Pointe-aux-Outardes et de Manicouagan. Ailleurs, sa présence est très localisée. Lorsqu'elle réussit à bien s'implanter, elle forme surtout des herbiers discontinus, et à l'occasion des herbiers continus ou épars. Au meilleur de sa croissance, elle atteint environ 60 cm de hauteur. Dans les endroits moins productifs, les plants ne mesurent que de 10 à 15 cm de hauteur.

En rive sud, les résultats montrent que la région de l'Isle-Verte affiche la plus forte concentration de zostère marine.

Un survol aéroporté effectué à l'automne 1990, depuis la baie de Cacouna jusqu'à Rimouski a permis de mettre en évidence d'autres herbiers de zostère de bonne superficie, soit de part et d'autre de l'embouchure de la rivière Trois-Pistoles, de même qu'à l'est de celle de la rivière Rimouski.

Ces résultats ont conduit à la sélection des herbiers de Pointe-aux-Outardes, de Manicouagan et de l'Isle-Verte pour effectuer l'étude de caractérisation bioécologique dont les résultats sont livrés dans les prochaines sections.

3.2 Zostérais de l'Isle-Verte

La figure 11 illustre la localisation des herbiers de zostère de la région de l'Isle-Verte (D-1 à D-8) et permet d'apprécier les superficies occupées par les deux zostérais étudiées (D-1 et D-2). Les transects d'arpentage apparaissent également sur cette figure.

Au total, les zostérais couvrent environ 225 ha (méthode des points cotés):

Herbiers	Superficie (ha)
D-1	179,0
D-2	30,0
D-3	2,8
D-4	9,3
D-5	0,5
D-6	0,4
D-7	2,5
D-8	<u>0,5</u>
Total	225,0

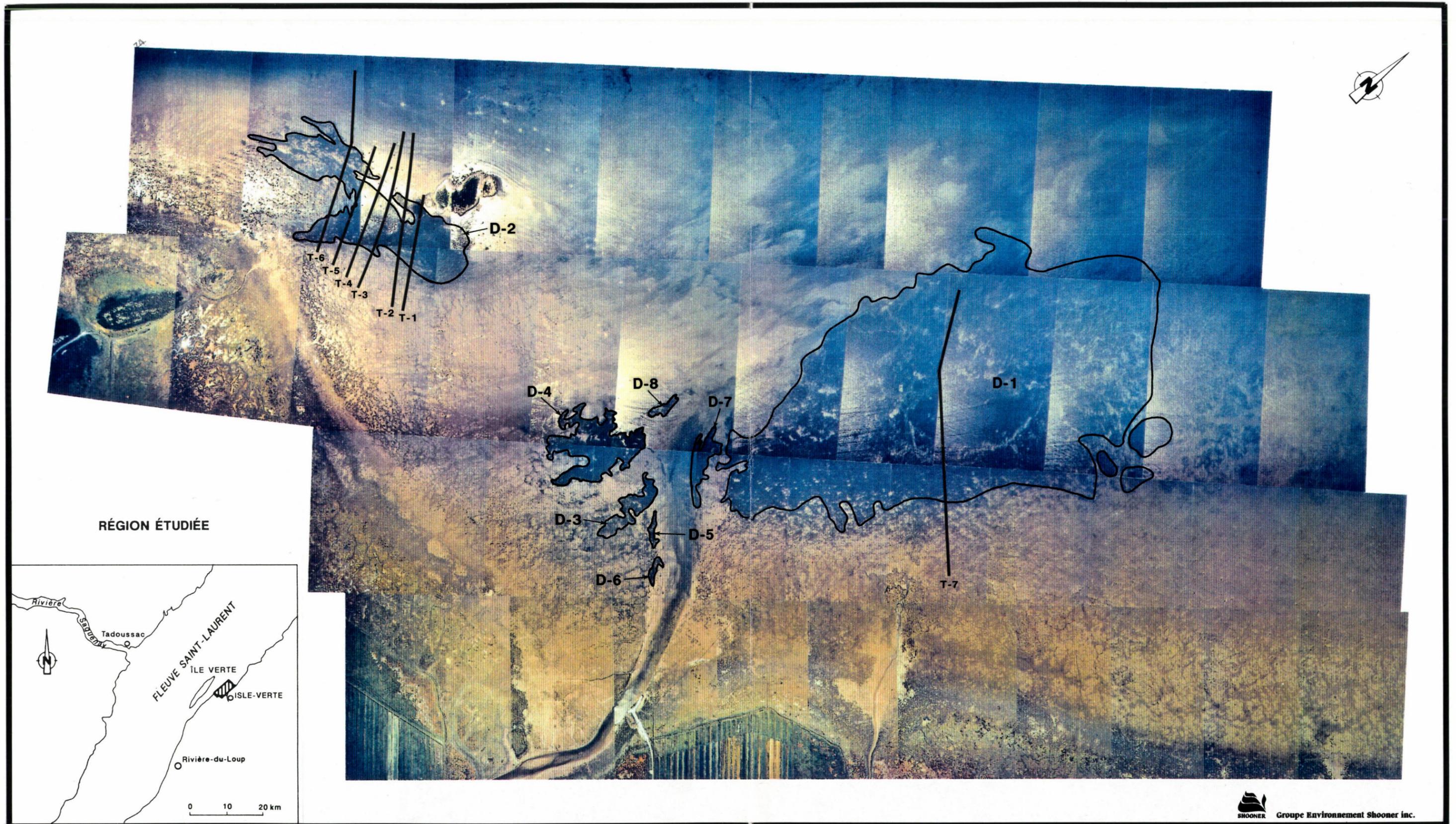


FIGURE 11. Localisation des herbiers de zostère marine de la région de l'Île-Verte (D-1 à D-8) et des transects d'arpentage effectués à l'été 1990 (T-1 à T-7).

Leurs principales caractéristiques physiques et biologiques sont décrites dans les paragraphes suivants.

3.2.1 Caractéristiques physiques

3.2.1.1 Pente

Les transects d'arpentage effectués ont permis d'établir le profil de pente des herbiers D-1 et D-2 tout en précisant leur position exacte par rapport à la zone intertidale.

Ainsi, l'herbier D-1 affiche son meilleur développement entre - 0,84 m et - 2,35 m par rapport au zéro géodésique (niveau moyen de la mer) (Figure 12). Le pourcentage de pente calculé est de 0,1%.

L'herbier D-2, pour sa part, offre un recouvrement maximal (100%) entre environ - 0,45 et - 0,55 m par rapport au zéro géodésique (Figure 13). Le pourcentage de pente est très faible, variant entre 0,07 et 0,1%.

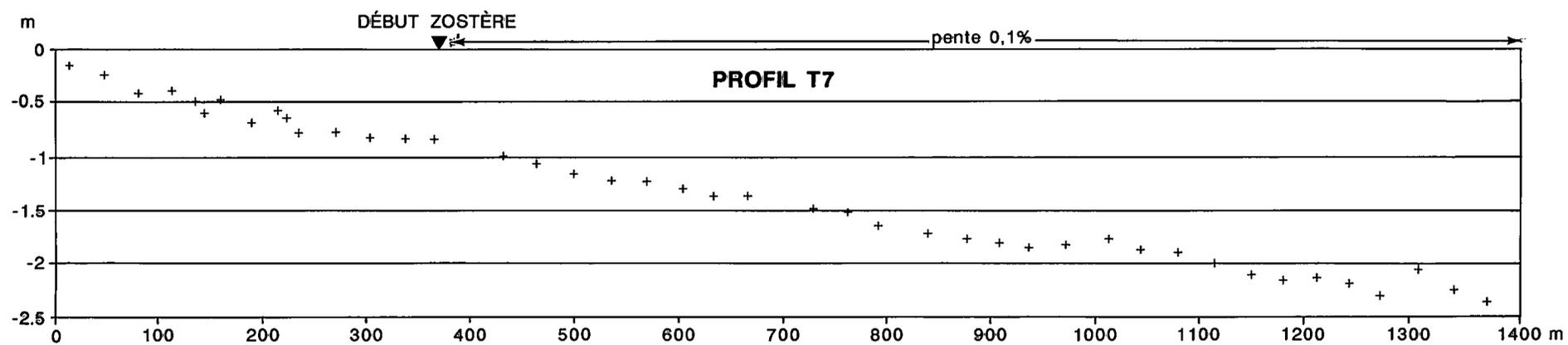
Il s'en dégage que l'herbier D-2 occupe, à l'intérieur de la zone intertidale, une position supérieure à celle de l'herbier D-1 et conséquemment est soumis à un temps d'émersion plus prolongé. En d'autres mots, l'herbier D-2 est exondé plus souvent et plus longtemps que l'herbier D-1, dont la portion inférieure ne se dégage pratiquement jamais et peut être considérée comme subtidale.

Il est intéressant de constater que l'herbier D-1 peut s'étendre jusqu'à - 2,35 m sous le zéro géodésique alors que l'herbier D-2 montre une rupture nette à environ - 0,55 m. Le profil de pente expliquerait cette situation. En effet, la pente de l'herbier D-1 est continue et demeure toujours très faible (0,1%). Au contraire, la pente de l'herbier D-2 montre une rupture nette à - 0,55 m correspondant à l'existence d'un microtalus. En haut de celui-ci, là où la zostère est dense, la pente est très faible (varie de 0,01% à 0,1%). Après le microtalus, elle accuse un profil plus prononcée, de l'ordre de 0,2%. Précisons qu'une pente de 0,2% est 20 fois plus prononcée qu'une pente de 0,01%.

Cette constatation suggère que dans la région de l'Isle-Verte, la colonisation dense de la zostère serait limitée à des endroits où le profil de pente n'excède guère 0,1%. Au-delà

TERRE

MER



- NOTES:
- Élévation par rapport au zéro géodésique (niveau moyen des mers).
 - Exagération de l'échelle verticale.

FIGURE 12. Profil de pente de l'herbier D-1.

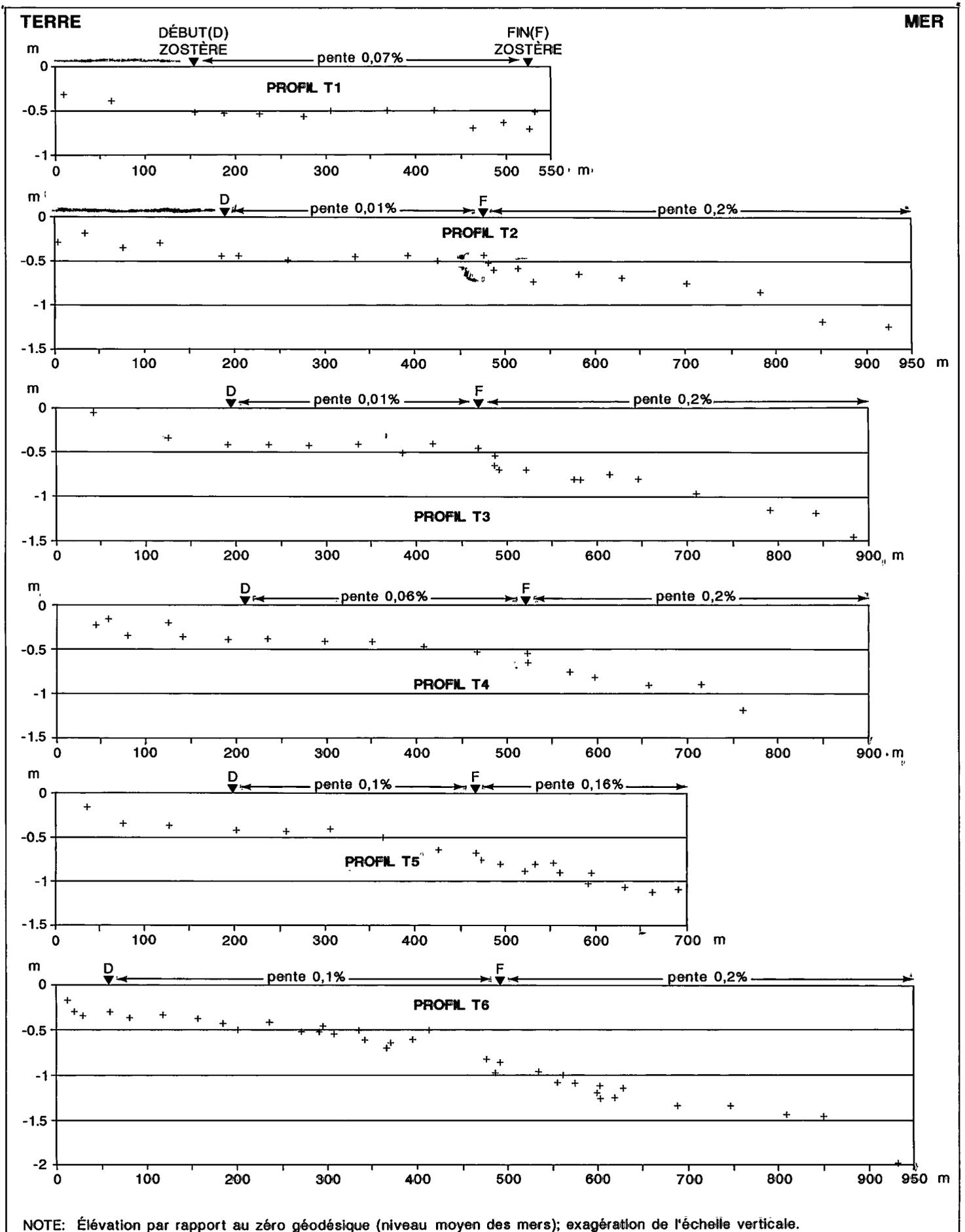


FIGURE 13. Profils de pente (transects T-1 à T-6) de l'herbier D-2.

de cette valeur, les conditions hydrodynamiques prévalentes exerceraient déjà une contrainte à son développement, puisqu'elle n'apparaît alors qu'en îlots sporadiques.

Enfin, le rythme d'émersion des herbiers n'est pas du tout régulier. En effet, ils ne sont exondés qu'à marée basse pendant les périodes de vives eaux, ce qui peut représenter environ 10 à 15 jours par mois. Lorsqu'il y a exondation, elle dure entre 3 à 4 heures. De par sa position dans la zone intertidale, l'herbier D-2 s'exonde complètement ce qui n'est pas le cas pour l'herbier D-1. La figure 14 illustre quelques caractéristiques marégraphiques du secteur, incluant la limite des basses mers extrêmes.

Les observations de terrain ont permis de constater que même lorsqu'il y a exondation, la zostère demeure mouillée. Il y a écoulement graduel d'eau en provenance du marais (quelques centimètres seulement); ceci évite la dessiccation des plants.

3.2.1.2 Sédiments

Le tableau 4 présente les résultats d'analyses de sédiments prélevés dans les herbiers de zostère et à proximité de ceux-ci.

De façon générale, la texture des sédiments caractérisant la partie de la zone intertidale occupée par les herbiers D-1 et D-2, varie du sable loameux au loam sableux.

Il existe peu de différences dans les pourcentages d'azote, de carbone et de matières organiques des herbiers D-1, D-2 et des îlots de zostère situés à proximité de D-2. De même, les sédiments provenant de zones dénudées affichent des caractéristiques physico-chimiques voisines de celles des zostérais, quoique légèrement plus faibles en matières organiques et en azote.

Comme il sera discuté ultérieurement, les sédiments de l'Isle-Verte sont tout à fait adéquats pour la croissance de la zostère. De même, la qualité des sédiments des zones dénudées n'est pas du tout prohibitive pour la zostère et ne peut expliquer son absence à ces endroits.

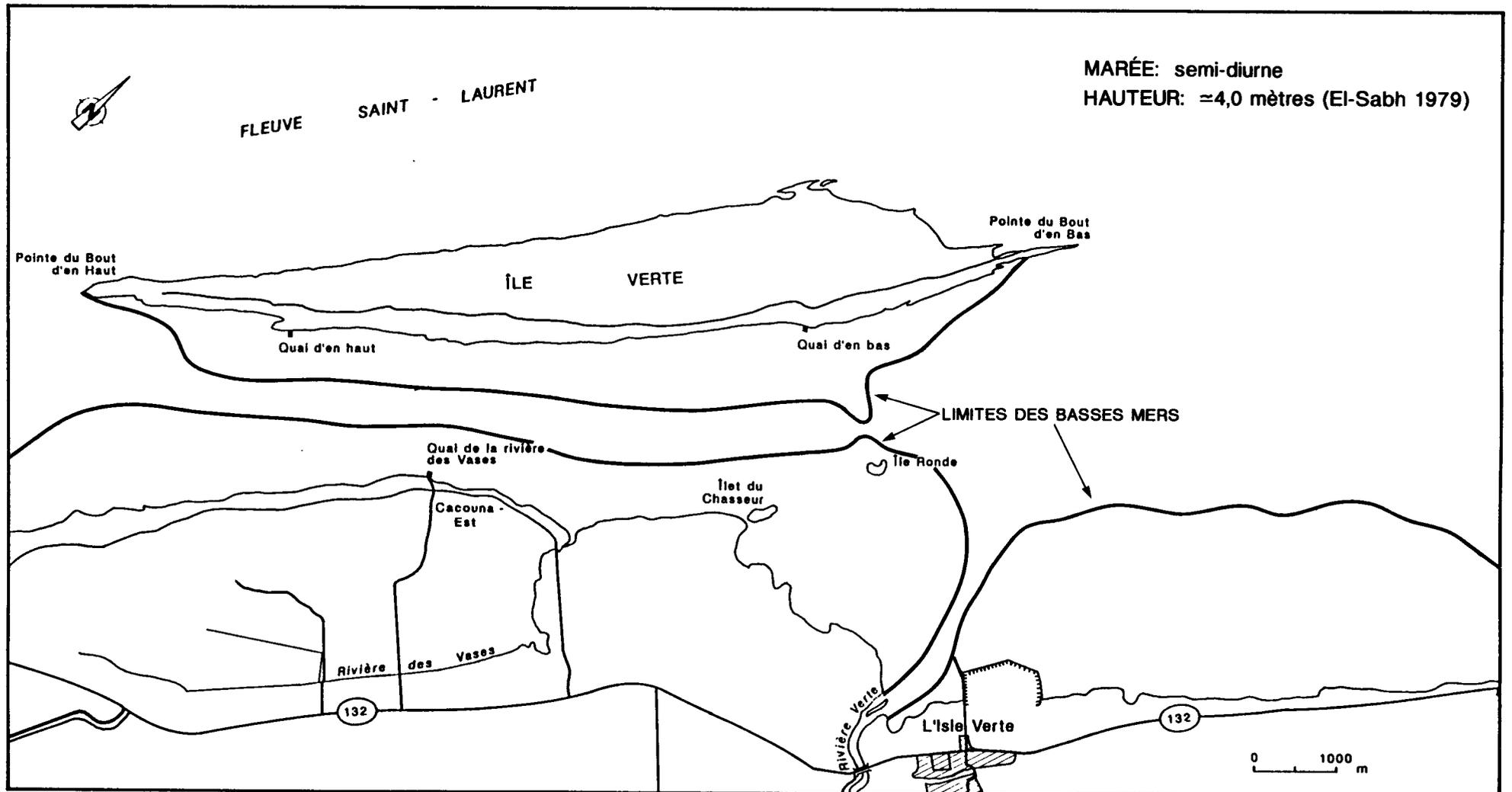


FIGURE 14. Localisation approximative de la limite des basses mers extrêmes dans la région de l'Île-Verte .

TABLEAU 4. Résultats d'analyses des sédiments (Isle-Verte, été 1990).

Stations	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Texture	%N	%C	C/N	%M.O.
<u>Herbier D-1</u>								
1	84,0	9,0	7,0	Sable loameux	0,050	0,7633	15,3	1,3159
2	60,0	21,0	19,0	Loam sableux	0,052	0,7460	14,3	1,2862
3	76,0	14,0	10,0	Loam sableux	0,069	0,9414	13,6	1,6230
\bar{x}	73,3	14,7	12,0		0,057	0,8169	14,4	1,4083
σ	12,2	6,0	6,2		0,014	0,0108	0,9	0,1865
<u>Herbier D-2</u>								
1	77,0	6,0	17,0	Loam sableux	0,057	0,7043	12,4	1,2142
2	77,0	16,0	7,0	Sable loameux	0,061	0,5779	9,5	0,9962
3	81,0	12,0	7,0	Sable loameux	0,063	0,7474	11,9	1,2886
4	80,0	13,0	7,0	Sable loameux	0,049	0,4936	10,1	0,8510
5	79,0	14,0	7,0	Sable loameux	0,049	0,5977	12,2	1,0304
\bar{x}	78,8	12,2	9,0		0,055	0,6242	11,2	1,0761
σ	1,8	3,8	4,5		0,007	0,1018	1,3	0,1756
<u>Îlots de zostère à proximité de D-2</u>								
1	85,0	8,0	7,0	Sable loameux	0,056	0,5169	9,2	0,8911
2	85,0	8,0	7,0	Sable loameux	0,054	0,5485	10,2	0,9456
3	85,0	9,0	7,0	Sable loameux	0,066	0,7431	11,3	1,2862
\bar{x}	85,0	8,3	7,0		0,059	0,6028	10,2	1,0409
σ	0,0	0,6	0,0		0,006	0,1224	1,1	0,2141
<u>Zones dénudées à proximité de D-2</u>								
1	57,0	16,0	27,0	Loam argileux-sableux	0,047	0,5677	12,1	0,9788
2	43,0	19,0	38,0	Loam argileux	0,048	0,5238	10,9	0,9030
3	82,0	9,0	9,0	Sable loameux	0,046	0,5431	11,8	0,9363
4	84,0	9,0	7,0	Sable loameux	0,043	0,4880	11,3	0,8412
5	85,0	8,0	7,0	Sable loameux	0,043	0,6244	14,5	1,0765
\bar{x}	70,2	12,2	17,6		0,045	0,5494	12,1	0,9472
σ	19,1	5,0	14,2		0,002	0,1503	1,4	0,0881

3.2.1.3 Température, salinité et vitesse du courant

Le tableau 5 résume la fourchette des valeurs de température, de salinité et de vitesse de courant mesurées à l'Isle-Verte.

TABLEAU 5. Variations de température, de salinité et de vitesse du courant mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des zostérais de l'Isle-Verte (été 1990).

Stations	Température de l'eau (°C)	Salinité de l'eau (‰)	Vitesse du courant (m/s)
• Herbier D-1	10 à 20	21 à 26	0,02 à 0,39
• Herbier D-2	7 à 24	17 à 26	0,01 à 0,31
• 2 sites dénudés près de D-2	a) 9 à 24	17 à 26	0,07 à 0,47
	b) 8 à 20	22 à 24	0,08 à 0,63
• Chenal entre l'Isle-Verte et l'Île Ronde (2 points de mesure)	a) 7 à 14	22 à 25	0,33 à 0,97
	b) 9 à 13	20 à 23	0,16 à 0,91

Note: Les données brutes sont disponibles au Service canadien de la faune, région de Québec.

Il est intéressant de constater l'écart dans les mesures de température de l'eau des herbiers D-1 et D-2. Celui-ci est particulièrement marqué dans le cas de D-2. Les basses températures sont caractéristiques du montant et de la marée haute alors que les valeurs élevées (~ 20 - 24°C) correspondent aux températures mesurées dans les herbiers lorsqu'ils sont exondés.

C'est donc dire qu'en trois à quatre heures, la température ambiante des herbiers s'accroît très rapidement. À marée basse, le soleil réchauffe rapidement le peu d'eau qui reste. Comme l'herbier D-2 est exondé plus longtemps que l'herbier D-1, la température maximale atteinte est plus élevée (24°C au lieu de 20°C).

Les basses valeurs de la température de l'eau mesurées à marée haute, même en juillet et août témoignent que les eaux du fleuve restent très froides tout au cours de la saison de croissance.

Quant aux valeurs de salinité mesurées dans D-1 et D-2, elles demeurent toujours à l'intérieur de la fourchette considérée comme optimale pour la croissance de la zostère, soit 10 à 30‰ (Philipps et Watson, 1984). Lorsqu'il y a exondation à marée basse, la salinité décroît significativement et traduit une certaine influence des apports d'eau douce de la rivière Verte et des eaux de drainage du marais salé.

Enfin, les vitesses de courant mesurées l'ont été pendant un cycle de marée, en conditions de vives eaux, et reflètent donc des conditions davantage extrêmes que moyennes. Dans le cas des herbiers D-1 et D-2, elles sont toujours faibles, variant de 0,01 à 0,39 m/s, les vitesses les plus élevées étant associées au baissant.

Les valeurs mesurées dans le chenal situé entre l'Isle-Verte et l'Île Ronde sont passablement différentes de celles caractérisant les herbiers. Ainsi, les vitesses de courant y sont plus élevées, atteignant près d'un mètre/seconde lors du flot et du jusant. À marée basse, il y subsiste un courant résiduel de l'ordre de 0,16 à 0,33 m/s.

De même, la salinité varie moins que dans les herbiers (surtout D-2) et y demeure toujours égale ou supérieure à 20‰. Enfin, la température de l'eau n'y excède guère 13 ou 14°C, quelque soit la phase de la marée.

Le premier site dénudé (a) est localisé près de l'herbier D-2 et affiche des valeurs de température et de salinité très similaire à celles de ce dernier, mais une vitesse de courant légèrement plus élevé. Quant à l'autre (b), il est situé plus près du chenal et exhibe des conditions intermédiaires entre celles de l'herbier et du chenal (Tableau 5).

3.2.1.4 Turbidité

Aucune mesure directe de turbidité ou encore de pénétration de la lumière dans la colonne d'eau n'a été effectuée. Toutefois des observations effectuées au cours d'une dizaine de visites de terrain ont permis de constater que les eaux littorales sont

relativement turbides. À marée haute, les herbiers ne sont pas du tout visibles même lorsqu'il n'y a qu'un mètre d'eau par-dessus.

Malgré tout, la zostère tolère très bien cette situation puisqu'elle croît densément à -2,35 m par rapport au niveau moyen des mers (herbier D-1). Il est certain toutefois, que sa répartition en zone subtidale est limitée par la pénétration de la lumière.

3.2.1.5 Résumé

À l'Isle-Verte, basées sur les mesures et les analyses effectuées, les caractéristiques physiques des zostérais se résument comme suit:

- pente très faible; pourcentage de pente inférieure ou égale à 0,1%;
- colonisation active par la zostère jusqu'à au moins -2,5 m par rapport au niveau moyen des mers, dans la mesure où il n'y a pas de rupture de pente;
- sédiments fins (sable loameux à loam sableux);
- contenu en azote de l'ordre de 0,05%, en carbone de 0,6 à 0,8% et en matières organiques de 1,0 à 1,5%. Rapport C/N varie de 10 à 15;
- colonisation active par la zostère où les vitesses de courant n'excède guère 0,4 m/s.

3.2.2 Caractéristiques biologiques

3.2.2.1 Production de zostère

Le tableau 6 présente les données de production de zostère marine des herbiers D-1 et D-2.

TABLEAU 6. Production de zostère marine des deux herbiers (D-1 et D-2) de la région de l'Isle-Verte (7 sept. 1990).

Échantillons	Biomasse sèche (g/m ²)		Rameaux végétatifs (N/m ²)		Rameaux reproducteurs (N/m ²)	
	D-1	D-2	D-1	D-2	D-1	D-2
1	157	308	1 493	1 707	0	113
2	183	285	1 460	1 787	0	20
3	176	221	1 787	1 647	0	13
4	129	252	1 440	1 473	0	20
5	101	261	1 413	1 860	0	60
6	161	340	1 780	1 827	0	40
7	132	307	1 540	1 013	7	80
8	-	300	-	1 553	-	200
9	-	374	-	1 387	-	160
10	-	291	-	1 187	-	140
\bar{X}	148	294	1 559	1 544	1	85
σ	29	2	159	282	3	66

Biomasse sèche moyenne (g/rameau)

D-1 : 0,09 g/rameau

D-2 : 0,18 g/rameau

Les principales distinctions dans la production de zostère des deux herbiers se situent, d'une part, au niveau des rameaux reproducteurs, quasi absents de D-1, mais largement présents dans D-2 avec une densité moyenne de 85/m², et d'autre part, dans la biomasse sèche moyenne/m² qui est considérablement plus élevée dans D-2.

Il en résulte donc une différence de structure entre les deux herbiers, laquelle se reflète dans la biomasse sèche moyenne/tige. Dans l'herbier D-2, elle est de 0,18g poids

sec/tige alors qu'elle n'est que de 0,09 g poids sec/tige dans D-1. Les plants de zostère sont donc moins hauts dans D-1 que dans D-2.

Ces résultats ne surprennent guère lorsqu'on considère la position relative des herbiers dans la zone intertidale. En effet, l'herbier D-2 se découvre plus souvent et plus longtemps que D-1; il jouit donc de conditions de croissance plus favorables:

- ensoleillement plus direct et plus prolongé lorsqu'il y a exondation;
- réchauffement de l'eau jusqu'à près de 20-24°C à marée basse;
- moins de turbidité;

La présence de rameaux reproducteurs dans l'herbier D-2 traduit probablement un stress environnemental plus élevé. En effet, la production de rameaux reproducteurs serait liée à des conditions de croissance moins stables que dans D-1: rythme d'exondation plus marqué, écarts thermiques et hyalins plus élevés et peut être une plus grande action par les glaces. Ces conditions ne défavorisent pas la production de matière verte mais provoque une stratégie de reproduction qui nécessite à la fois les reproductions sexuée et asexuée (Philipps et Watson, 1984). Ces mêmes auteurs soulignent que la floraison est également favorisée par des températures élevées.

En discussion, la production de zostère à l'Isle-Verte sera comparé à celle des herbiers de la Côte-Nord et des baies James et d'Hudson.

3.2.2.2 Épiphytes

La diversité et la densité des épiphytes de l'herbier D-2 sont présentées au tableau 7. Les analyses effectuées mettent en évidence une densité spécifique peu élevée, variant de 1 à 1 665 individu/m², le nombre de taxons variant pour sa part de 4 à 9 ($X = 7$).

Parmi les groupes présents, les mollusques sont les mieux représentés en nombre d'espèces et en nombre d'individus. *Littorina saxatilis* est de loin l'espèce dominante puisqu'elle représente, à elle seule, 90% des épiphytes présents au mètre carré. *Hydrobia minuta* vient en deuxième rang, mais loin derrière (5,5% des épiphytes/m²).

TABLEAU 7. Diversité et densité (N/m²) des épiphytes de la zostère marine (Isle-Verte, herbier D-2, 21 août 1990).

GROUPES ET ESPÈCES	ÉCHANTILLONS										Densité spéci-		Écart type	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	fique moyenne			
											(N/m ²)	%		
MOLLUSCA														
Gasteropoda														
<i>Acmea testidunalis</i>	7				7							1	0,05	3
<i>Cingula aculeus</i>	7											1	0,05	2
<i>Hydrobia minuta</i>	27	80	80	147	87	101	141	54	201	87	101	5,50	50	
<i>Littorina littorea</i>		74									7	0,40	23	
<i>Littorina saxatilis</i>	1 427	1 494	1 293	2 157	1 494	1 554	2 184	1 360	1 762	1 923	1 663	90,00	324	
Pelecypoda														
<i>Gemma gemma</i>					7							1	0,05	2
<i>Macoma balthica</i>								7				1	0,05	2
<i>Mytilus edulis</i>								13	7			2	0,10	4
<i>Mya arenaria</i>	7								7			1	0,05	3
POLYCHAETA														
<i>Nereis cf. diversicolor</i>	7	7					7	7				3	0,15	4
CRUSTACEA														
Isopoda														
<i>Idothea phosphorea</i>	34	34	13	40	7	34	34	7		7	21	1,10	15	
<i>Jaera albifrons</i>	20	27	7			13	20	20	20	67	19	1,00	19	
Amphipoda														
<i>Gammarus oceanicus</i>	20		7	7	20	13	47	40	20	13	19	1,00	15	
ASCIDIACEA														
<i>Molgula sp.</i>			7		13		13	13	13	20	7	0,40	8	
Indéterminé						20					2	0,10	6	
DENSITÉ TOTALE/m ²	1 554	1 715	1 407	2 352	1 621	1 755	2 446	1 514	2 037	2 097	1 850	100,00	362	
RICHESSSE SPÉCIFIQUE	9	6	6	4	5	9	7	8	7	5	7			

Les isopodes *Idothea phosphorea* et *Jaera albifrons*, de même que l'amphipode *Gammarus oceanicus*, apparaissent avec régularité dans les échantillons mais toujours en nombres peu élevés (Tableau 7).

3.2.2.3 Résumé

Au plan biologique, il s'en dégage que la production de zostère est élevée, atteignant plus de 1 500 rameaux/m². Toutefois, la biomasse produite par tige demeure relativement faible, n'excédant pas 0,2g poids sec/tige. Il y a beaucoup de plants mais ils ne sont pas hauts, atteignant au plus 0,75 m de hauteur.

Là où les conditions de croissance sont variables, traduisant un certain stress environnemental, l'espèce recourt à une stratégie de reproduction à la fois sexuée et asexuée.

L'herbier D-2 sert de support à une variété restreintes d'épiphytes. L'un d'entre eux, *Littorina saxatilis*, présente toutefois une densité notable au mètre carré.

3.3 Zostérais de la Côte-Nord

L'effort de caractérisation bioécologique ayant été légèrement moins soutenu qu'à l'Isle-Verte, les résultats obtenus pour les herbiers de Pointe-aux-Outardes et de Manicouagan sont présentés ensemble.

3.3.1 Caractéristiques physiques

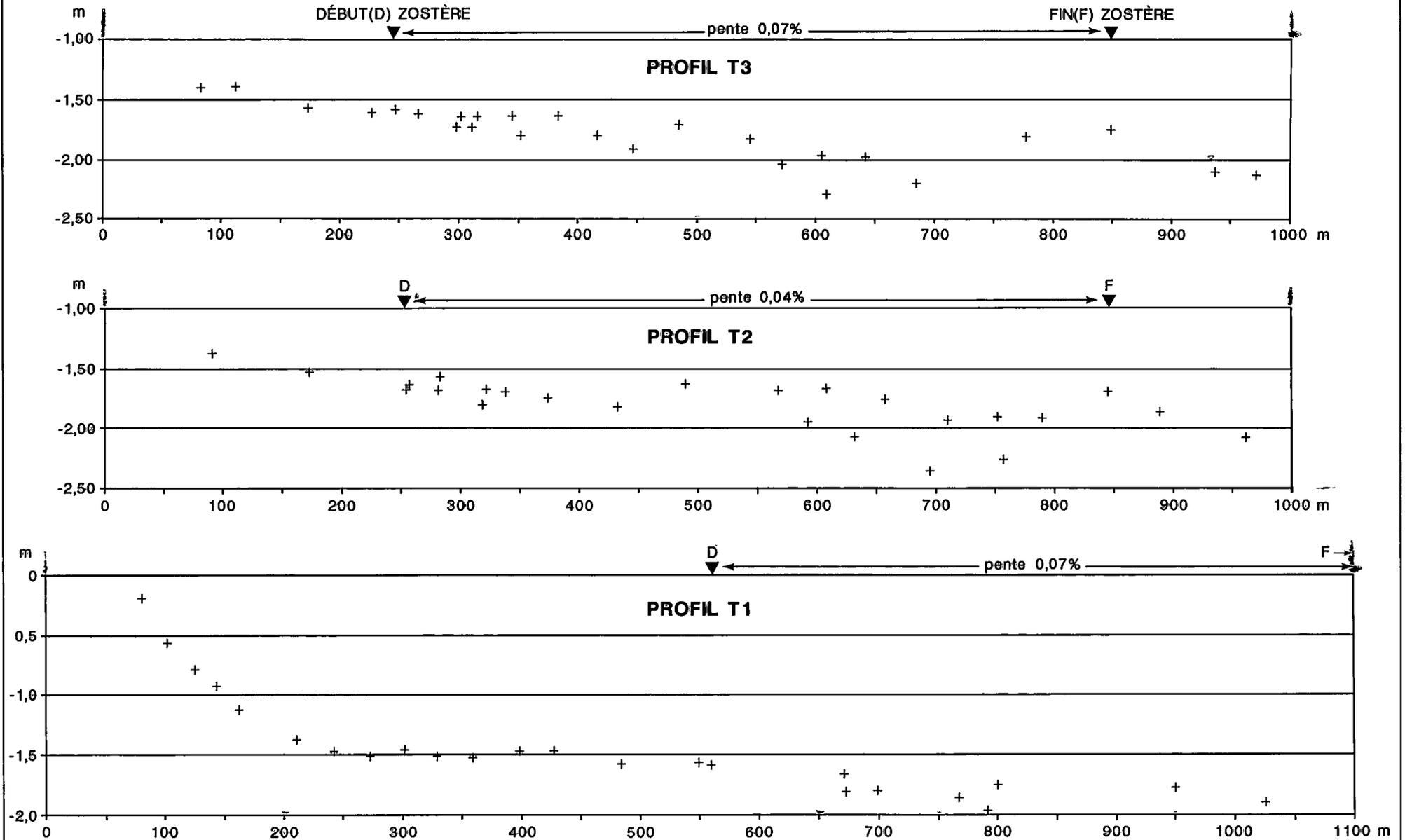
3.3.1.1 Pente

À l'instar de l'Isle-Verte, les transects d'arpentage ont permis d'établir le profil de pente de quelques herbiers de Manicouagan et de Pointe-aux-Outardes (Figures 15 et 16). Dans tous les cas le pourcentage de pente est $\leq 0,07\%$, ce qui est très près des valeurs obtenues à l'Isle-Verte.

Les données d'arpentage indiquent qu'à Manicouagan, l'herbier A se situe entre à peu près - 1,6 m et - 1,75 m par rapport au zéro géodésique (niveau moyen de la mer). À

TERRE

MER

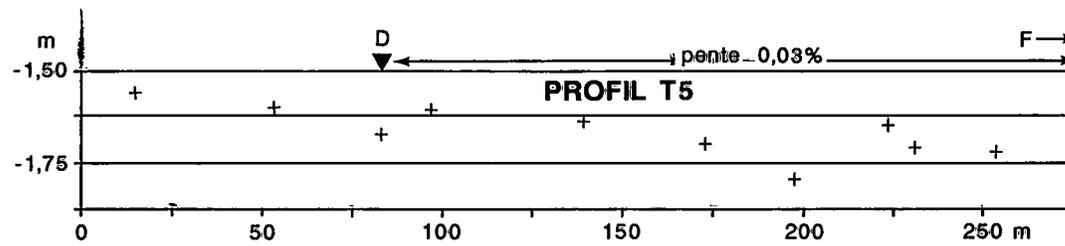
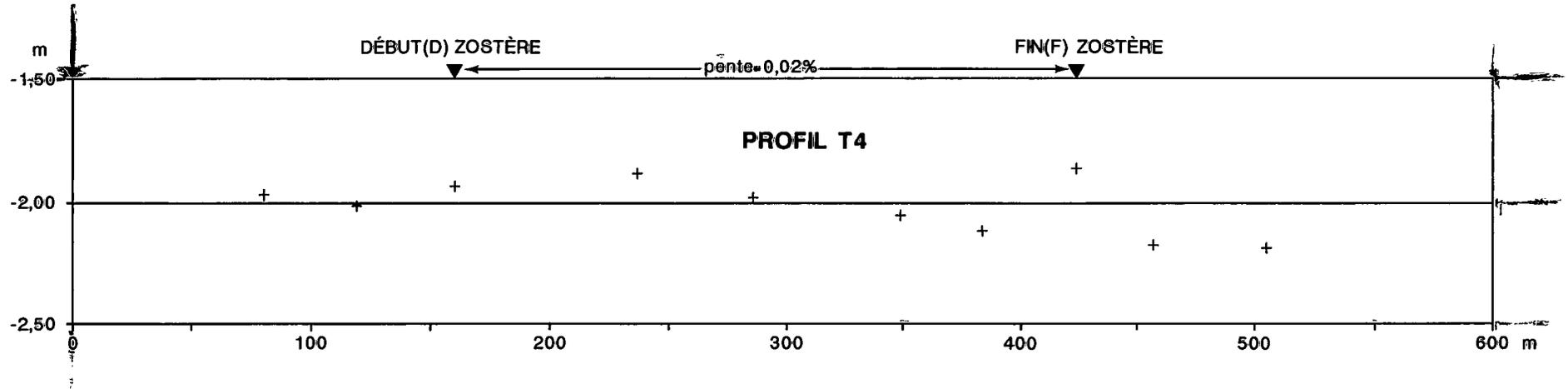


NOTES: • Élévation par rapport au zéro géodésique.
• Exagération de l'échelle verticale.

FIGURE 15. Profils de pente de l'herbier A (Manicouagan).

TERRE

MER



- NOTES:
- Élévation par rapport au zéro géodésique.
 - Exagération de l'échelle verticale.

FIGURE 16. Profils de pente de deux herbiers de la Pointe-aux-Outardes.

Pointe-aux-Outardes, les deux herbiers arpentés se situeraient respectivement entre - 1,87 et - 2,01 m et entre - 1,66 et - 1,71 m sous le zéro géodésique.

Il s'en dégage que les herbiers de la Côte-Nord occupent une position dans la zone intertidale qui s'apparente à celle de l'herbier D-1 de l'Isle-Verte (- 0,84 à - 2,35 m). Dans le premier cas, la zostère fait son apparition en un point plus bas qu'à l'Isle-Verte (environ - 1,6 m p/r à - 0,84 m).

À l'instar de l'Isle-Verte, la colonisation de la zostère serait limitée à des endroits où le pourcentage de pente n'excède pas 0,1%.

3.3.1.2 Sédiments

Le tableau 8 présente les résultats d'analyses de sédiments prélevés dans quelques herbiers.

TABLEAU 8. Résultats d'analyses des sédiments (Côte-Nord, été 1990).

Stations	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Texture	%N	%C	C/N	%M.O.	
<u>Manicouagan</u>									
Herbier A	1)	86,0	11,0	3,0	Sable loameux	0,033	0,3892	11,8	0,6709
	2)	89,0	8,0	3,0	Sable loameux	0,037	0,3863	10,4	0,6660
Herbier B		85,0	12,0	3,0	Sable loameux	0,035	0,4387	12,5	0,7564
Herbier C		89,0	8,0	3,0	Sable loameux	0,035	0,3872	11,1	0,6675
\bar{X}		87,0	10,0	3,0		0,035	0,4003	11,5	0,6902
σ		2,1	2,1	0,0		0,002	0,0256	0,9	0,0442
<u>Pointe-aux-Outardes</u>									
Herbier A		98,0	0,0	2,0	Sable	0,030	0,1240	4,1	0,2138
Herbier B		84,0	7,0	5,0	Sable loameux	0,043	0,5757	13,4	0,9925

Le sable loameux est la texture dominante des herbiers de zostère de la Côte-Nord, tout comme à l'Isle-Verte d'ailleurs. Le contenu en azote, en carbone et en matières organiques est légèrement plus faible dans les sédiments des herbiers de la Côte-Nord qu'à l'Isle-Verte. Le rapport C/N demeure toutefois très semblables d'une région à l'autre.

3.3.1.3 Température, salinité et vitesse de courant

Le tableau 9 résume la fourchette de valeurs de température, de salinité et de vitesse de courant mesurées dans les herbiers de la Côte-Nord.

TABLEAU 9. Variations* de température, de salinité et de vitesse de courant mesurées à l'intérieur et à l'extérieur de quelques zostérites de la Côte-Nord (sept. 1990).

Stations	Température de l'eau (°C)	Salinité de l'eau (‰)	Vitesse du courant (m/s)
<u>Manicouagan</u>			
• Herbier A	7,5 à 9,0	26,0 à 28,5	0,04 à 0,22
• Extérieur de l'herbier A	8,0 à 8,5	26,0 à 27,5	0,04 à 0,32
<u>Pointe-aux-Outardes</u>			
• Herbier A	7,0 à 9,5	10,1 à 25,0	0,01 à 0,64
• Extérieur herbier A	7,0 à 9,5	10,9 à 25,5	0,04 à 0,63
• Herbier B	6,0 à 8,2	25,0 à 29,5	0,09 à 0,47

* Contrairement à l'Isle-Verte, les variations mesurées ne couvrent pas un cycle complet de marée (voir méthodes).

Les données de tableau 10 permettent une meilleure caractérisation du régime thermohalin de l'herbier A de Manicouagan, où Therrien et Lemieux (1990) ont procédé à des mesures ponctuelles de température et de salinité de l'eau de mai à novembre 1989.

TABLEAU 10. Données de température et de salinité de l'eau par-dessus l'herbier A de Manicouagan.

Date	Stations	Profondeur (m)	Température (°C)	Salinité (‰)
19-05-89	15	2,0	8,0	13,0
	20	2,3	8,0	16,0
	23	2,2	8,0	17,0
	24	1,9	9,0	20,0
03-06-89	15	2,0	10,0	20,0
	20	2,0	10,0	17,0
	23	2,0	10,0	17,0
	24	2,2	10,0	18,0
21-06-89	15	2,3	9,0	23,0
	20	2,2	12,0	21,0
	23	1,9	12,0	22,0
	24	2,1	10,0	23,0
02-07-89	15	1,8	13,0	23,0
	20	1,9	15,0	19,0
	23	2,1	14,0	21,0
	24	1,7	15,0	23,0
29-07-89	15	1,9	12,0	24,0
	20	1,8	10,0	25,0
	23	2,1	10,0	23,0
	24	1,9	12,0	24,0
28-08-89	15	2,1	10,0	25,0
	20	2,2	11,0	24,0
	23	2,0	11,0	22,0
	24	2,0	11,0	25,0
28-09-89	15	2,3	3,0	26,0
	20	2,6	3,0	24,0
	23	2,4	3,0	24,0
	24	2,2	3,0	26,0
10-11-89	15	2,6	3,0	20,0
	20	2,5	3,0	19,0
	23	2,7	3,0	12,0
	24	2,7	3,0	22,0

Mesures effectuées au début du baissant. La localisation des stations apparaît à l'annexe 1.

La température de l'eau est pratiquement toujours inférieure à 12°C, du moins dans la première heure du baissant (Tableau 10). Les données du 2 juillet 1990 indiquent une légère augmentation de la température qui a atteint 15°C avec 1,7 à 1,9 m d'eau par-dessus l'herbier. Cela suggère qu'à marée basse, elle doit augmenter davantage pour probablement atteindre 17 ou 18°C. Ceci signifie que les herbiers de la rive nord sont sujets à des écarts thermiques comme ceux de l'Isle-Verte, dû à l'augmentation rapide de la température à marée basse.

À Manicouagan, la salinité ambiante de l'herbier A varie peu et suggère une très faible influence des apports d'eau douce qui proviennent de la rivière du même nom. À Pointe-aux-Outardes, l'influence de la rivière aux Outardes se fait davantage sentir. En effet, à marée basse, la salinité chute de plus de 10‰. Partout, la salinité demeure à l'intérieur de la fourchette jugée optimale pour la croissance de l'espèce, soit 10 à 30‰ (Philipps et Watson, 1984).

Enfin l'hydrodynamique littorale est faible, les courants n'excédant pas 0,5m/s sauf dans un des herbiers de la Pointe-aux-Outardes où une vitesse de courant de l'ordre de 0,64 m/s a été enregistré.

3.3.1.4 Résumé

En rive nord, les caractéristiques physiques de l'habitat sont similaire à celles en rive sud. Le profil de pente est très faible et la texture du substrat est quasi identique (sable loameux) quoique le pourcentage de sable soit légèrement plus élevé en rive nord. Ceci pourrait expliquer les plus faibles teneurs en N, en C et en matières organiques.

La température de l'eau affiche un écart entre les diverses phases de la marée, dû au réchauffement rapide de l'eau à marée basse. Lorsqu'il y a peu d'eau, la température passe rapidement de 10 - 12°C à près de 15 - 18°C. Ces écarts sont toutefois moins prononcés qu'à l'Isle-Verte (7 à 24°C).

À Manicouagan, la salinité de l'eau varie peu et demeure pratiquement toujours en haut de 20‰. À Pointe-aux-Outardes, les apports d'eau douce de la rivière aux Outardes font chuter la salinité à marée basse de plus de 10‰.

Enfin, les conditions hydrodynamiques sont faibles, la vitesse du courant n'excédant guère 40 m/s.

3.3.2 Caractéristiques biologiques

3.3.2.1 Production de zostère

Le tableau 11 présente les données de production de zostère marine de quelques herbiers.

La figure 17 illustre la production comparée de zostère à l'Isle-Verte et sur la Côte-Nord.

À l'exception de l'herbier D-2 (Isle-Verte) qui montre une production de biomasse/m² nettement supérieure, tous les autres herbiers sont relativement comparables sur ce plan. Cette distinction au niveau de l'herbier D-2 est fort probablement liée à sa position supérieure dans la zone intertidale qui leur procure de meilleures conditions pour la production de matière verte.

La différence la plus marquée entre les herbiers de l'Isle-Verte et ceux de la rive nord se situe dans la densité des rameaux, beaucoup plus élevée dans ce dernier cas. Il y a donc différence fondamentale dans la structure des herbiers: les rameaux sont plus denses mais moins hauts à l'Isle-Verte, ce qui se traduit dans les valeurs de biomasse sèche moyenne/rameau (Tableaux 6 et 11).

Ces distinctions dans la structure des herbiers ne refléteraient pas des différences au niveau du profil de la pente ni du substrat mais résulteraient davantage des conditions hydrodynamiques locales (rythme d'émersion-immersion, température de l'eau, vitesse du courant, exposition aux vents et aux vagues, effets des glaces, etc.).

3.3.2.2 Épiphytes

La diversité et la densité des épiphytes provenant des herbiers A, B et C de Manicouagan sont présentées au tableau 12. La richesse spécifique y est moindre qu'à l'Isle-Verte et le nombre d'organismes présents au mètre carré y est également inférieur.

TABLEAU 11. Production de zostère marine de quelques herbiers de la Côte-Nord (17/09/90).

Échantillons		Biomasse sèche (g/m ²)	Rameaux végétatifs (N/m ²)	Rameaux reproducteurs (N/m ²)	
Manicouagan					
• Herbier A	1	106	353	20	
	2	133	513	0	
	3	148	267	33	
	4	148	773	147	
	5	66	620	0	
	6	134	933	40	
	7	284	1 433	107	
	8	138	547	27	
	9	139	967	40	
	10	125	547	27	
	\bar{X}	1 42	6 9 5	4 2	
σ	56	344	48		
• Herbier B	1	126	893	73	
	2	67	547	40	
	3	87	633	7	
	\bar{X}	9 3	6 9 1	4 0	
	σ	30	180	33	
• Herbier C	1	112	767	133	
	2	214	547	233	
	\bar{X}	1 6 3	6 5 7	1 8 3	
	σ	72	156	71	
Pointe-aux-Outardes					
• Herbier A	1	169	547	7	
	2	154	347	147	
	3	160	527	0	
	4	251	547	47	
	5	232	400	173	
	\bar{X}	1 9 3	4 7 3	7 5	
	σ	45	94	80	
• Herbier B	1	104	767	80	
	2	117	567	167	
	3	75	633	113	
	4	98	733	80	
	5	133	700	87	
	\bar{X}	1 0 5	6 8 0	1 0 5	
	σ	22	80	37	
Biomasse sèche moyenne (g/rameau)					
Manicouagan			Pointe-aux-Outardes		
Herbier A	:	0,19	Herbier A	:	0,35
Herbier B	:	0,13	Herbier B	:	0,13
Herbier C	:	0,19			

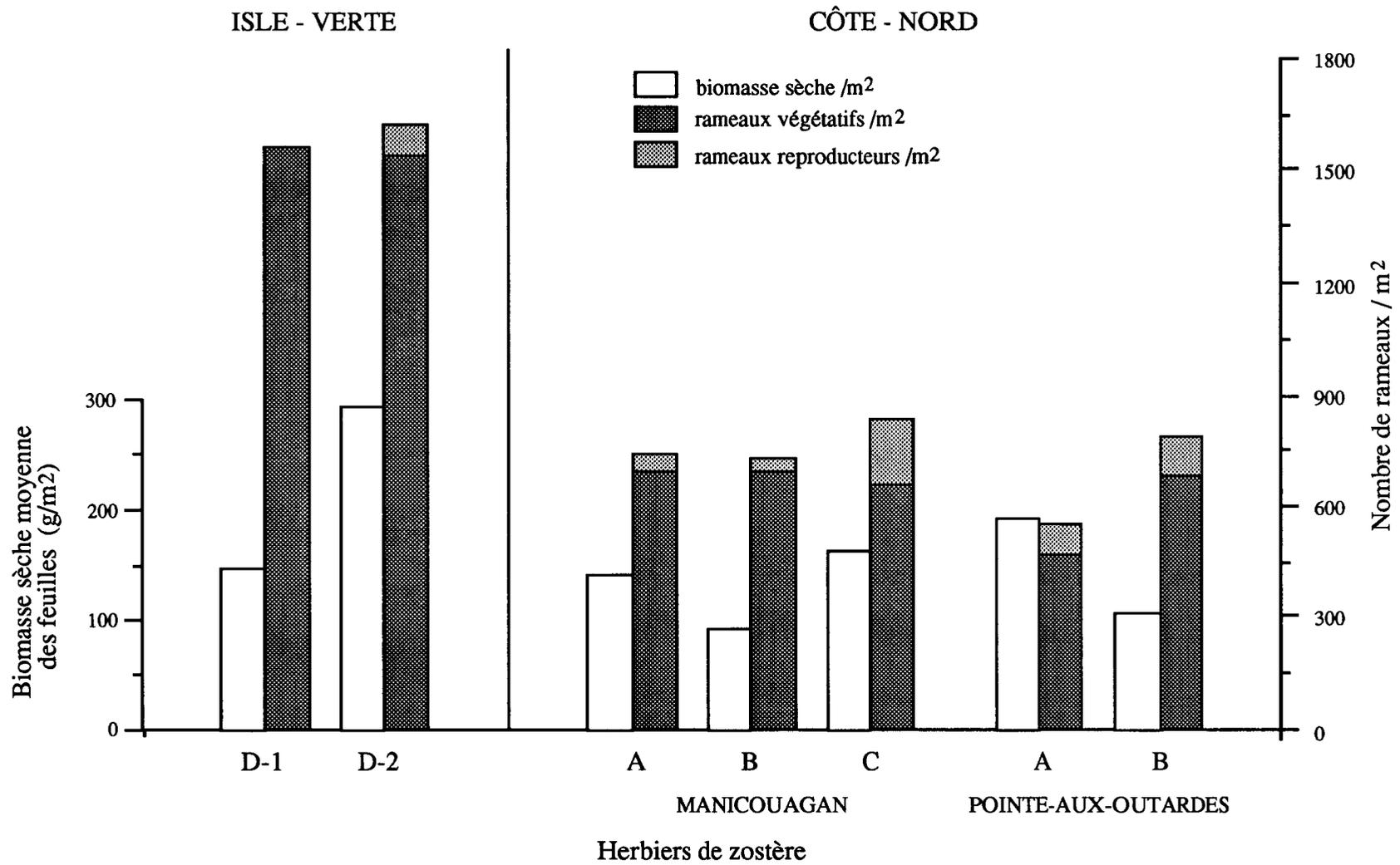


FIGURE 17. Comparaison de la production de zostère marine à l'Isle-Verte et sur la Côte-Nord.

TABLEAU 12. Diversité et densité (N/m²) des épiphytes de la zostère marine (Herbiers A, B et C, Manicouagan, 15 septembre 1990).

GROUPES ET ESPÈCES	HERBIER A					HERBIER B		HERBIER C		Densité spéci- fique moyenne		Écart type
	1	2	3	4	5	1	2	1	2	(N/m ²)	%	
	MOLLUSCA											
Gasteropoda												
<i>Littorina obtusata</i>				7						1	0,5	--
<i>Littorina saxatilis</i>	98	427	245	163	63	119	77	266	175	181	75,0	116
Pelecypoda												
<i>Mytilus edulis</i>	21	35	147	105	35	105	35	21	21		58,0	48
Amphipoda												
<i>Gammarus oceanicus</i>		7								1	0,5	--
DENSITÉ TOTALE/m ²	119	469	392	275	98	224	112	287	196	241	100,00	129
RICHESSSE SPÉCIFIQUE	2	3	2	3	2	2	2	2	2			

La littorine (*Littorina saxatilis*) demeure toutefois l'espèce dominante, représentant 75% de l'ensemble des épiphytes présents au mètre carré. Pratiquement absente à l'Isle-Verte, la moule bleue vient au deuxième rang en rive nord (24%).

Outre ces deux espèces, il n'y a pratiquement pas d'autres épiphytes, comme les crustacés, par exemple, bien représentés à l'Isle-Verte. Cette distinction marquée dans la composition épiphytique de l'Isle-Verte et de la Côte-Nord demeure inexpliquée pour l'instant.

3.3.2.3 Résumé

Nul doute que les grandes battures de Manicouagan et de Pointe-aux-Outardes constituent de bons habitats pour la zostère marine. Elle y forme des herbiers dans la partie inférieure de la zone intertidale et produit une biomasse sèche variant de 93 à 163 g/m². La densité des rameaux varie de 548 à 840/m² comprenant entre 6 et 28% de rameaux reproducteurs.

Cette végétation ne supportent qu'environ 250 épiphytes/m², surtout de la littorine et des moules bleues.

4 DISCUSSION

4.1 Répartition de la zostère

La figure 18 illustre les endroits où la présence de la zostère a été confirmée dans l'estuaire du Saint-Laurent. Ces résultats regroupent les observations effectuées dans le cadre de cette étude et celles de Therrien et Lemieux (1990) lors d'un suivi sanitaire des zones coquillières de l'estuaire.

Dans l'estuaire, comme partout dans son aire de répartition d'ailleurs, la zostère est associée aux segments de rive où les processus de sédimentation dominant, témoignant d'une faible dynamique littorale. Les baies protégées de l'action des vagues et du vent, à pente faible et au substrat fin constituent de bons milieux de croissance. L'espèce ne tolère pas les sites exposés à l'action directe des vagues.

Il n'est donc pas surprenant que, dans l'estuaire du Saint-Laurent, sa répartition soit limitée aux segments littoraux qui présentent de telles caractéristiques. C'est le cas des immenses battures qui ceignent la péninsule de Manicouagan (herbiers de Pointe-aux-Outardes, de la baie Saint-Ludger et de Manicouagan). Ces dernières, très vastes, protègent les herbiers de l'action directe des vagues provenant du large, même si elles sont exposées au vent. À l'Isle-Verte, à Trois-Pistoles et à Rimouski, la situation est analogue.

En l'absence de telles battures, la zostère est confinée aux petites anses et baies, comme celles des Plongeurs, Didier, Laval, Chafaud aux Basques, en rive nord, et la baie du Sud-Ouest et celle près de Pointe-au-Père, en rive sud. À ces endroits, qui leur offrent une bonne protection contre l'effet du vent et des vagues, l'espèce doit composer avec les apports d'eau douce provenant des cours d'eau qui s'y jettent. C'est pourquoi, dans ces milieux, elle évite les chenaux d'écoulement et ne se trouve que de part et d'autre de ceux-ci. Rappelons que la zostère est une halophyte stricte. Toutefois, elle s'accommode fort bien de variations marquées dans la salinité, comme c'est souvent le cas dans ces milieux, où l'eau douce des tributaires contribue à abaisser la salinité à marée basse.

Un autre facteur qui favorise la présence de la zostère à ces endroits, est le fait qu'à marée basse, la profondeur d'eau devient négligeable à nulle et que sa température s'accroît alors rapidement. L'ensoleillement plus direct et la température plus élevée favorisent sans aucun doute la production de matière verte.

À l'intérieur des divers milieux colonisés par la zostère, la structure de l'herbier (hauteur et densité) résulte des conditions hydrodynamiques locales.

Dans l'estuaire du Saint-Laurent, la zostère marine est largement confinée à la zone intertidale. En milieu subtidal, les conditions hydrodynamiques deviennent rapidement contraignantes pour cette dernière, considérant l'amplitude des marées semi-diurnes (4 m en moyenne à Tadoussac; El-Sabh, 1979). Il s'agit là d'une distinction notable par rapport aux zostérais de la baie James, lesquelles sont toutes subtidales (Lalumière, 1987). Dans cette baie, l'amplitude de la marée est beaucoup moindre et le littoral est très découpé; il y a donc profusion de baies protégées propices à la croissance subtidale de l'espèce.

Enfin, soulignons que Fleurbec (1985) mentionne que la zostère remonte l'estuaire du Saint-Laurent, jusqu'à l'Île aux Coudres et à Rivière-Ouelle.

4.2 Caractéristiques biophysiques

Les résultats de la présente étude permettent d'élaborer un modèle conceptuel de présence-absence de la zostère marine dans l'estuaire du Saint-Laurent (Figure 19), lequel repose essentiellement sur les caractéristiques physiques de l'habitat. Ce modèle pourra éventuellement servir pour sélectionner des segments littoraux où la transplantation de zostère pourrait être envisageable.

Ce modèle est provisoire et mérite d'être précisé avec l'acquisition d'autres données, notamment celles relatives à l'action des glaces.

Lorsqu'il y a présence de zostère, elle forme soit des îlots ou des herbiers plus ou moins discontinus. En comparant les données de production des herbiers du fleuve avec celles d'autres régions, il est possible d'en apprécier l'importance (Tableau 13).

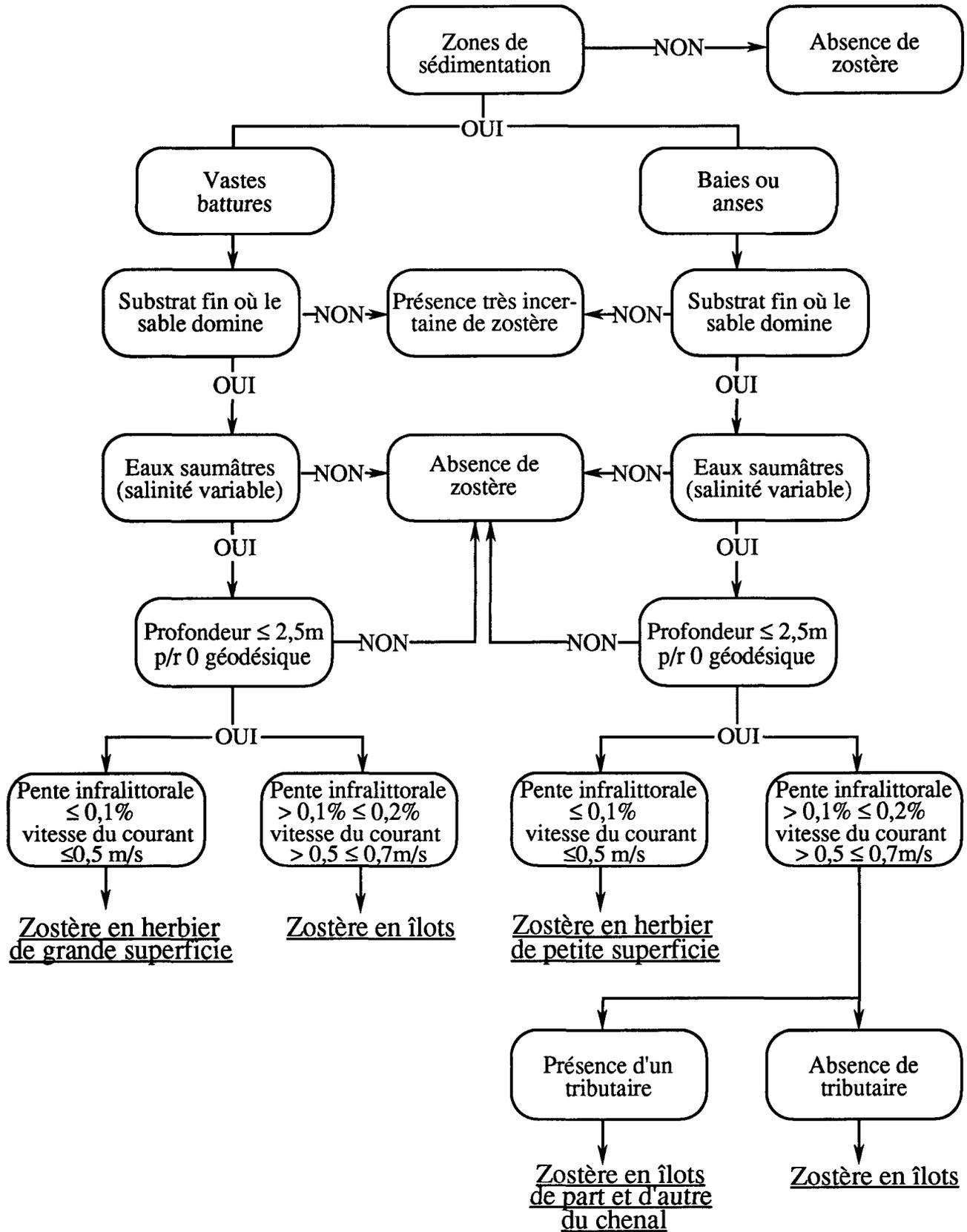


FIGURE 19. Modèle conceptuel préliminaire de la présence de zostère marine dans l'estuaire du Saint-Laurent.

TABLEAU 13. Comparaison de la production de zostère marine de diverses régions du Québec.

Type d'herbier	Baie James subtidal		Baie d'Hudson	Isle-Verte	Côte-Nord
	0,5 m	1,0 m	subtidal (1,0 m)	intertidal	intertidal/subtidal
Densité (rameaux/m ²)					
• végétatifs	981 à 1 593	687 à 867	587 à 1 733	1 544 à 1 559	473 à 695
• reproducteurs	0 à 49	0 à 13	20 à 287	1 à 85	40 à 183
Biomasse sèche totale (g/m ²)	194 à 263	358 à 472	143 à 390	148 à 294	93 à 193
Biomasse sèche/tige (g poids sec)	0,16 à 0,20	0,41 à 0,69	0,16 à 0,33	0,09 à 0,18	0,13 à 0,35

Il s'en dégage que la répartition et la structure des herbiers de l'estuaire du Saint-Laurent s'apparentent davantage à ceux de la baie d'Hudson qu'à ceux de la baie James. En effet, la forte production enregistrée à la baie James (feuilles de plus de 2,0 mètres de longueur) est unique et résulte des excellentes conditions de croissance qu'offre ce milieu.

Dans l'estuaire du fleuve, l'hydrodynamique littorale est de loin supérieure à celle de la baie James et la zostère ne peut y tolérer les conditions subtidales. Elle est par conséquent confinée à la zone infralittorale où les écarts thermiques, hyalins et de vitesse de courant exercent une contrainte réelle à sa croissance, sans compter l'effet des glaces.

La présence de la zostère dans ce type de milieu témoigne de sa grande plasticité et de sa grande tolérance.

4.3 Recommandations

Au terme de cette étude, il a été possible de dégager les grandes caractéristiques d'habitat de la zostère dans l'estuaire du Saint-Laurent ce qui permet d'orienter d'éventuels travaux de transplantation de l'espèce.

Les principales recommandations qui découlent de cette étude sont:

- mieux documenter le régime hydrodynamique prévalant dans les herbiers de zostère; pour ce faire, il faudrait utiliser un courantomètre Aanderaa RCM-4 en prenant soin d'enlever l'aileron de direction pour éviter qu'il ne s'emmêle dans la zostère. L'enregistrement des paramètres suivants peut s'effectuer aux demi-heures: salinité, température et vitesse de courant. Pour diminuer les coûts inhérents, l'appareil pourrait être installé pour ne couvrir qu'une période de vives-eaux et une de mortes-eaux;
- valider le modèle provisoire par l'acquisition de données dans les herbiers de Trois-Pistoles et Rimouski;
- et valider l'utilisation de ces milieux par la sauvagine.

Il serait également souhaitable d'acquérir une vision globale de la répartition de l'espèce à l'échelle québécoise.

5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADDY, C.E. 1947. Eelgrass planting guide. Md Conserv. 24:16-17.

BENOIT, R., REED, A., LALUMIÈRE, R. et G. MORISSETTE. 1991. Utilisation par la sauvagine des habitats côtiers de la baie of Many Islands, baie James. Rapport du Groupe Environnement Shooner au Service écologie, S.E.B.J. Québec 62 p. + annexes.

BOUYOUCOS, G.L. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by hydrometer method. Sol Sci. 42:225-229.

CURTIS, S.G. 1974-1975. Répartition de la zostère marine, côte est de la baie James. Carte à l'échelle de 1:125 000. Pêches et Environnement Canada, Service de la faune.

FLEURBEC, 1985. Plantes sauvages du bord de la mer. Guide d'identification Fleurbec. 286 p.

FONSECA, M.S., FISHER, J.S., ZIEMAN, J.C. and THAYER, G.W. 1982. Influence of the seagrass *Zostera marina* L. on current flow. Estuarine Coastal Shelf Sci. 15:351-364.

FONSECA, M.S., KENWORTHY, W.J., HOMZIAK, J. and G.W. THAYER. 1979. Transplanting of eelgrass and shoalgrass as a potential means of economically mitigating a recent loss of habitat, pages 279-326 in D.P. Cole ed., Proceedings of the sixth annual Conference on wetlands restoration and creation. Hillsborough Community College, Tampa, Fla.

FONSECA, M.S., KENWORTHY, W.J., THAYER, G.W., HELLER, D.Y. et K.M. CHEAP. 1984. Transplanting of the seagrasses *Zostera marina* and *Halodule wrightii* for sediment stabilization and habitat development on the East coast of the United States. Tech. Rep LL-84-14. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg Miss. 14 p.

GARNEAU, M. 1984. Étude phytoécologique du territoire côtier de Cacouna-l'Isle-Verte. Rapport présenté au Service canadien de la faune, Région de Québec, 388 p. + annexes et cartes.

- KENWORTHY, W.J., FONSECA, M.S., HOMZIAK, J. and W. THAYER. 1980. Development of transplanted seagrass (*Zostera marina* L.) meadow in Back Sound, Carteret County, North Carolina, pages 175-193 in D.P. Cole ed., Proceedings of the seventh annual conference on wetland restoration and creation. Hillsborough Community College, Tampa, Fla.
- LALUMIÈRE, R. 1987. Caractérisation bioécologique de quelques zostérais de la côte est de la baie James. Rapport de Gilles Shooner et ass. pour le compte du Service écologie (S.E.B.J.), Québec, 82 p. + annexes.
- LALUMIÈRE, R. 1987. Répartition de la Zostère marine (*Zostera marina* L.) sur la côte est de la baie James - été 1987. Rapport de Gilles Shooner et associés au Service écologie S.E.B.J., 30 p. + carte 1:125 000.
- LALUMIÈRE, R. 1988. Caractérisation bioécologique de quelques zostérais de la côte est de la baie James. Rapport de Gilles Shooner et ass. pour le compte du Service écologie (S.E.B.J.), Québec, 73 p. + annexes.
- LALUMIÈRE, R. et L. BELZILE. 1990. Production de zostère marine à la station Kakassituq, côte est de la baie James, 1990. Rapport du Groupe Environnement Shooner au Service écologie de la S.E.B.J., Québec, 24 p.
- LALUMIÈRE, R. et L. BELZILE. 1990. Répartition de la zostère marine (*Zostera marina*) sur la côte est de la baie d'Hudson. Rapport de Gilles Shooner et associés présenté au Consortium Gauthier Guillemette - G.R.E.B.E., 19 p. + carte.
- LALUMIÈRE, R., BELZILE, L. 1989. Suivi des stations permanentes d'étude de la zostère marine sur la côte est de la baie James - été 1989. Rapport de Gilles Shooner et associés au Service écologie S.E.B.J., 30 p. et annexes.
- LALUMIÈRE, R., BELZILE, L. et C. LEMIEUX. 1989. Répartition de la zostère marine le long de quelques segments littoraux de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Rapport de Gilles Shooner et ass. au Service canadien de la faune, région de Québec, 19 p. + annexes.
- LALUMIÈRE, R., BLEZILE, L. et C. LEMIEUX. 1989. Répartition de la zostère marine (*Zostera marina* L.) le long de quelques segments littoraux de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Rapport de Gilles Shooner et Ass. au Service canadien de la faune, 19 p.
- LEWIS, H.F.. 1931. The relation of Canada geese and Brant to commercial gathering of eelgrass in the St-Lawrence estuary. Can. Field-Nat. 45:57-62.

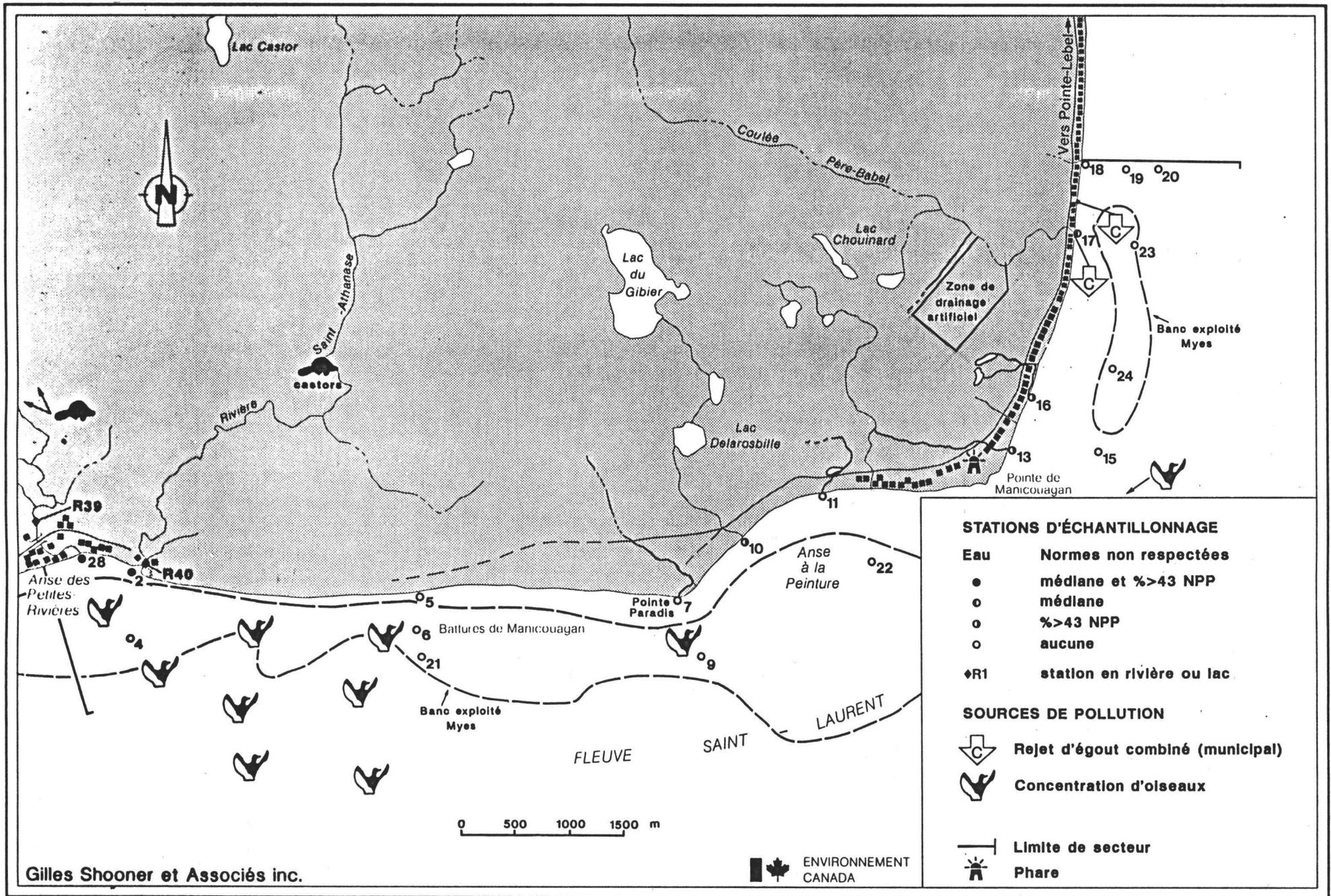
- LINDALL, W.N., MAGER, A., THAYER, G.W. et D.R. EKBURG. 1979. Estuarine habitat mitigation planning in the southwest. Pages 129-135 in G.A. Swanson, tech. coord. The mitigation symposium. U.S. For Serv. Rocky Mtn. For. Range Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. RM-65.
- McROY, C.P. et D.S. LLOYD. 1981. Comparative function and stability of macrophyte-based ecosystems. P. 473-489 in A.R. Longhurst ed. Analysis of marine ecosystems. Academic Press. New-York.
- MICHAUD, R. 1985. La mousse de mer. De l'Isle-Verte à la Baie des Chaleurs. Leméac, 221 p.
- MICHAUD, R. 1989. Ramsar. pour l'amour de la mer. Presses de l'Université du Québec, 108 p.
- MILNE, L.J. et M.J. MILNE, 1951. The eelgrass catastrophe. Sci. Am. 184 (1) 52-55.
- PHILIPPS, R.C., 1974. Transplantation of seagrasses with special emphasis on eelgrass *Zostera marina* L. Aquaculture 4:161-176.
- PHILIPPS, R.C. et R.L. LEWIS III. 1983. Influence of environmental gradients on variations in leaf widths and transplant success in North American seagrasses. Mar. Tech. Soc. J. 17(2):59-68.
- PHILLIPS, R.C. et J.F. WATSON. 1984. The ecology of eelgrass meadows in the Pacific Northwest: a community profile. Fish and Wildlife Service. FWS/DBS-84/24, 85 p.
- RASMUSSEN, E. 1977. The wasting disease of eelgrass (*Zostera marina*) and its effect on environmental factors and fauna. P. 1-51 in c.P. McRoy et C. Helterich eds. Seagrass ecosystems, a scientific perspective. Marcel Dekker, New-York.
- RINER, M.I. 1976. A study on methods, techniques and growth characteristics for transplanted portions of eelgrass (*Zostera marina*). M.S. thesis. Adelphi Univ. Garden City, N.-Y., 104 p.
- THAYER, G.W., KENWORTHY, W.J. and M.S. FONSECA. 1984. The ecology of eelgrass meadows of the Atlantic coast: a community profile. U.S. Fish. Wild. Serv. FWS/OBS/-84/02, 147 p.

TERRIEN, J. et C. LEMIEUX. 1990. Relevés sanitaires et bactériologiques de 23 secteurs coquilliers de la Côte-Nord du fleuve Saint-Laurent (Baie Sainte-Catherine à Baie-Comeau). Rapport présenté à Environnement Canada par le Groupe Environnement Shooner inc., 139 p.

THORAU, A. 1976. Symposium on restoration of major plant communities in the United States. Environ. Conserv. 4(1): 49-50.

WALKLEY, A. et J.A. BLACK. 1934. An examination of the Degtareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration method. Soil. Sci. 37:29.

ANNEXE 1



ANNEXE 1. Localisation des stations de mesures (15, 20, 23 et 24) de la température et de la salinité de l'eau (Adaptée de Therrien et Lemieux 1990).