

QH
541.5
.M3
L36
EX.B

CRÉATION DE MARES DANS LES
MARAIS A SPARTINES DU
SAINT-LAURENT: IDENTIFICATION
DE SITES POTENTIELS.



Rapport présenté à

Environnement Canada
Conservation et protection
Région du Québec

Service Canadien de la Faune

LAPÉL GROUPE-CONSEIL INC.
1400, av. St-Jean-Baptiste, suite 202
Québec (Qc)
G2E 5B7

Tél.: (418) 871-3469
Fax.: (418) 871-6744

Mars 1989

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
ÉQUIPE DE RÉALISATION.....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES ANNEXES.....	iv
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	2
3.0 MÉTHODES ET TECHNIQUES.....	3
3.1 Identification des principaux groupements végétaux.....	3
3.2 Photo-interprétation et cartographie.....	3
4.0 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS.....	8
4.1 Mares et Marelles.....	8
4.1.1 Définitions.....	8
4.1.2 Formation.....	
4.1.3 Superficie (ha) et densité des mares par groupe- ment végétal.....	16
4.1.4 Cartographie polystatique anisochrone des marais témoins: Isle-Verte, Pointe-aux-Outardes et Res- tigouche.....	19
4.1.5 Évaluation du nombre de mares >0.5 ha.....	20
4.2 Ruppia Maritima.....	26
4.2.1 Taxonomie et répartition actuelle.....	26
4.2.2 Écologie de ruppia maritima.....	27
4.2.3 Synthèse et discussion.....	34
4.3 Création de mares.....	36
4.3.1 Sites potentiels.....	36
4.3.2 Contexte hydro-géomorphologique.....	37
5.0 RECOMMANDATIONS.....	40
 BIBLIOGRAPHIE.....	 42
ANNEXE	

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Directeur.

Michel-L. Caron, biologiste

Chargé de projet

Pierre Bertrand, géomorphologue, M.Sc.

Ont également participé à l'étude

Michelle Garneau, biologiste, M.Sc., Ph.D.

Jean Lavoie, géomorphologue, M.Sc.

Eddy Bertrand, technicien en sciences naturelles

André Massicotte, technicien en génie civil

Dominique Blanchet, secrétaire.

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
TABLEAU 1: Origines possibles des mares.	14
TABLEAU 2: Superficies (ha) des mares par classe de densité et par type de végétation.	17
TABLEAU 3: Mares de 0,5 ha ou plus.	22

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 1: Quelques observations sur les aspects morphosédimentologiques des marais à spartines.	4
FIGURE 2: Gabarit utilisé pour définir les classes de densité de mares.	5
FIGURE 3: Carte polystatique (1965-1979) des mares du marais de Pointe-aux-Outardes.	23
FIGURE 4: Carte polystatique (1963-1980) des mares du marais de Restigouche.	24
FIGURE 5: Carte polystatique (1965-1979) des mares du marais de la Baie de l'Isle-Verte.	25

LISTE DES ANNEXES

Page

ANNEXE 1:	Superficies (Ha) selon la végétation, les zones et les classes de mares.	48
-----------	---	----

1.0 INTRODUCTION

De tous les milieux humides, les marais littoraux sont les plus intéressants car ils contribuent directement au rehaussement de la productivité écologique des eaux côtières et marines. Il en est ainsi des marais littoraux laurentiens qui participent indéniablement au maintien de la productivité biologique de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Cette productivité résulte en grande partie des échanges hydriques qui s'établissent entre les marais et la mer et ce, à partir des fluctuations marégraphiques. Elle repose en effet sur l'exportation vers les eaux côtières d'environ 90% des débris végétaux produits sur place (Odum, 1976).

Au Québec, depuis le début de la colonisation, les marais littoraux ont subis des altérations qualitatives et quantitatives majeures (Robitaille et al., 1978). On soupçonne que ces modifications aient contribué grandement à la dégradation écologique du fleuve et de l'estuaire du Saint-Laurent. Aujourd'hui, cependant, on reconnaît l'impact écologique de ces milieux sur l'écosystème laurentien. Aussi vise-t-on de plus en plus à les protéger, les conserver et même les restaurer. En ce sens, on envisage sérieusement d'améliorer certaines de leurs caractéristiques physiques en vue de rehausser leur productivité biologique.

C'est dans ce contexte que la Division Environnement et Aménagement du Groupe-Conseil LAPEL Inc. a reçu le mandat d'évaluer le potentiel de création de mares dans les marais à spartines du Saint-Laurent.

Le mandat comprenait deux volets: un premier volet orienté essentiellement sur l'inventaire des mares (distribution, densité, formation, stabilité, évolution, etc.) et un second volet destiné à mieux connaître l'écologie de la ruppie maritime, espèce colonisatrice des mares les plus utilisées par la sauvagine. De plus, des recommandations concernant les sites propices pour la création de mares devaient accompagner le rapport final.

2.0 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le territoire couvert par cette étude comprend la zone riveraine où dominant les principaux marais à spartines de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Au Québec, des marais couvrent approximativement 8600 ha.

Plus spécifiquement, sur la rive sud du Saint-Laurent, le territoire inventorié et cartographié est compris entre la Pointe à Michaud (Saint-Roch-des-Aulnaies) et la Pointe à Boudreau (Restigouche) sur la rive nord de la Baie des Chaleurs, alors que sur la rive nord du Saint Laurent, le territoire s'étend de Baie Saint-Paul à Baie Comeau.

3.0 MÉTHODES ET TECHNIQUES

3.1 Identification des principaux groupements végétaux.

Conformément aux indications du devis d'étude, nous avons retenu les groupements végétaux identifiés et cartographiés par Dryade (1980) comme facteurs de subdivision des marais à spartines. Ces groupements sont: l'herbaciaie salée (Hs), la spartine étalée (Se), la spartine alterniflore (Sa) et le scirpe américain (Sc). Ce dernier groupement était circonscrit à l'anse de Kamouraska. Les groupements devaient occuper au moins 50% des zones cartographiées.

Après discussions, il fut convenu que le groupement à spartine alterniflore serait exclus de cette étude, celui-ci occupe une portion du marais ayant une dynamique littorale rendant difficile, voire impossible, le maintien de marelles aménagées. Comme facteurs dynamiques on pense à la présence à cet endroit d'un pied de glace actif (Figure 1) qui perturbe à chaque printemps la physiographie du marais, ainsi que les houles et vagues encore très énergiques à ce niveau du marais. Il en résulterait assurément des pertes importantes pour le ministère.

3.2 Photo-interprétation et cartographie.

Dans un premier temps on a reporté, sur photos-aériennes les groupements végétaux établis précédemment. Ceux-ci ont été facilement identifiables de sorte que le transfert de l'information des cartes (1:20 000) aux photos (1:15 000; 1:10 000, 1:15 840 ou 1:20 000) fut exécuté sans difficulté. Par après, les zones ont été redéfinies selon les classes de densité de mares établies dans le devis (1: 0%, 2: 1 à 10%, 3: 11 à 30%, 4: 31% et plus), et subdivisées en portions plus homogènes. Afin de maintenir une certaine constance dans l'attribution des classes de densité, on a eu recours à des gabarits (Figure 2). Comme nous le verrons ultérieurement, des gabarits ont également servi à identifier les mares de 0,5 ha et plus.

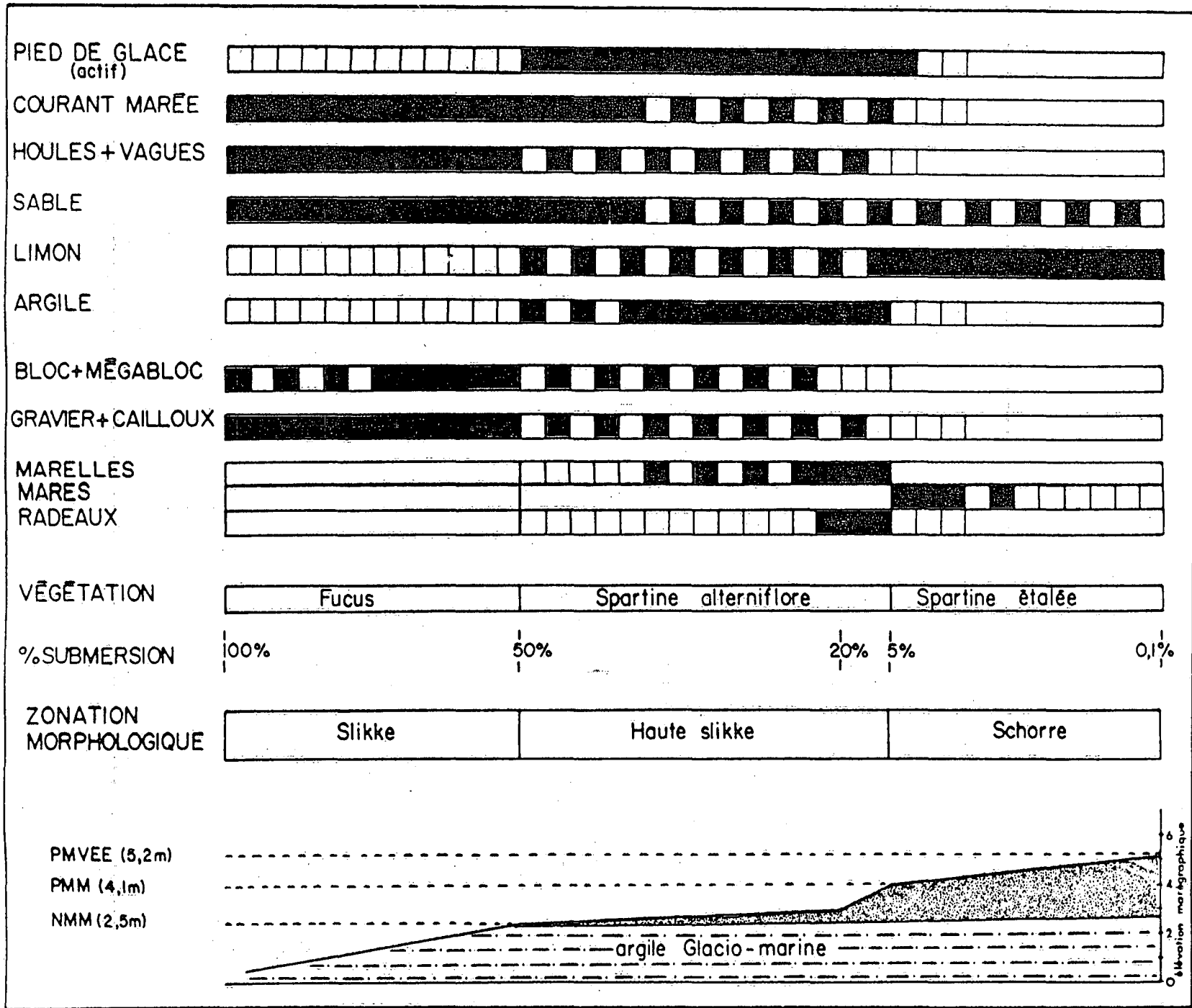


Fig. 1: Quelques observations sur les aspects morphosédimentologiques des marais à spartines.

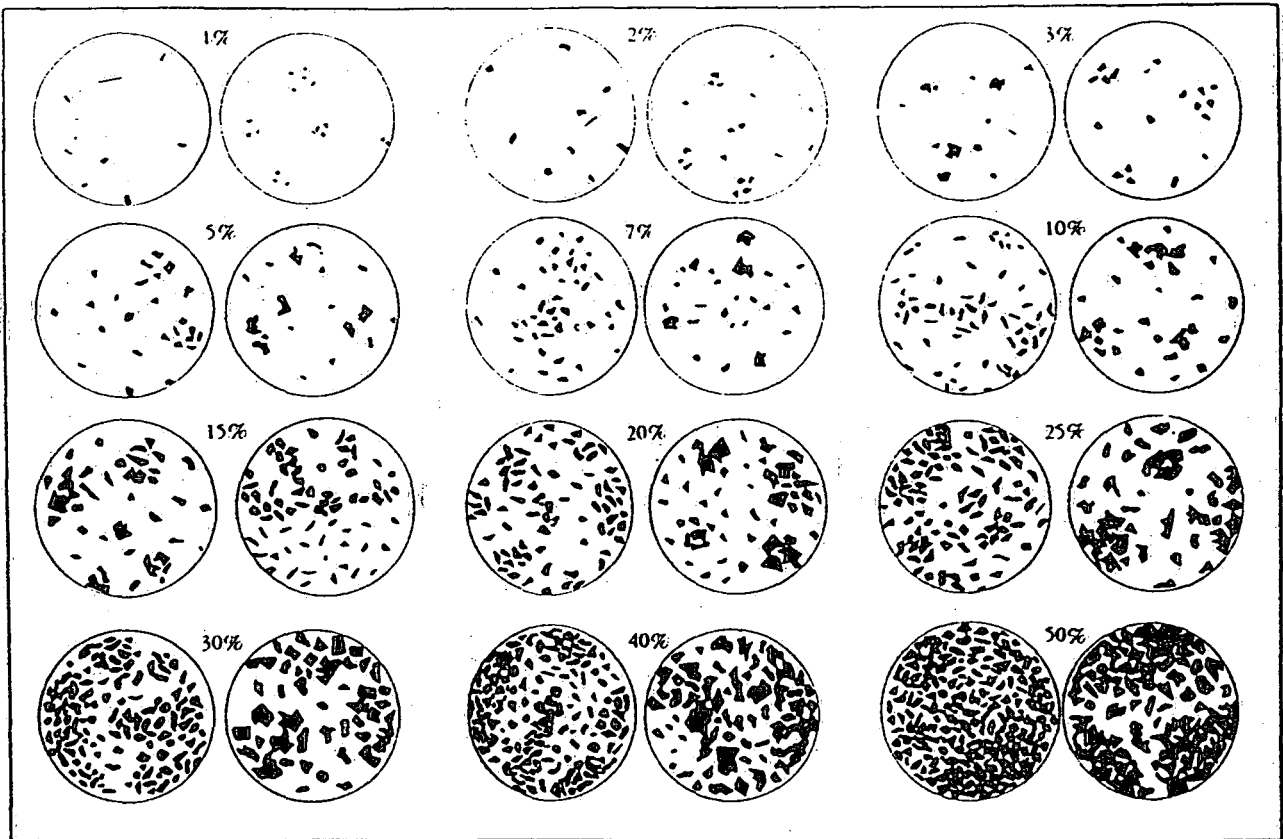


Fig. 2 : Gabarit pour évaluer les pourcentages de mares.

Par la suite, les zones interprétées, leurs subdivisions et les classes de mares ont été reportées sur le fond de carte au 1:20 000. La différence d'échelles ne constituait pas une difficulté et les nombreux repères sur les documents ont permis d'assurer une excellente précision: la marge d'erreur a été estimée à moins de 5%. Les mares ayant une superficie de 0,5 ha et plus ont été repérées avec le plus de précision possible et elles sont indiquées par un astérisque sur les cartes (1:20 000). Dans le but d'uniformiser l'interprétation, les premières cartes ont été réinterprétées à la fin du travail.

L'identification des mares par photo-interprétation a soulevé quelques difficultés. Parmi celles-ci notons, à l'occasion, la quasi absence de contrastes entre les teintes de gris des mares et celles du tapis végétal avoisinant. D'autre part, pour certaines lignes de photos-aériennes le reflet du soleil dans l'eau des mares rendait difficile leur interprétation.

La principale difficulté rencontrée résidait dans l'identification du pourcentage de mares dans les parties supérieures des marais, là où les dépressions souvent peu profondes, s'assèchent au cours de l'été. Ainsi, les mares visibles sur les photos-aériennes n'en étaient pas toujours de véritables. De plus certains secteurs possédant un réseau de drainage d'une telle intensité laissaient croire à la présence de mares plutôt qu'à des chenaux. Certains chenaux évoluent effectivement vers le développement de mares avec le temps.

La planimétrie des unités cartographiques représentant les diverses classes de densité de mares a été réalisée en utilisant le logiciel Autocad (Autodesk Inc.) sur tablette digitalisante. En ce qui concerne l'analyse détaillée des marais-témoins, on a utilisé les photos-aériennes de manière à couvrir une période d'environ 20 ans (Isle-Verte: 1963, 1973, 1980; Pointe-aux-Outardes: 1965, 1972, 1979; Restigouche: 1963, 1974, 1980). Chaque photo a été agrandie à l'échelle du 1:5000 à l'aide d'un agrandisseur optique (pantographe). Sur chaque photo les mares visibles ont été cartographiées dans un secteur

représentatif couvrant environ 10% de la superficie du marais. Par superposition, on a identifié les changements entre les différentes années. Ces modifications ont été rapportées sur fonds de cartes à partir des photos les plus anciennes. Ces cartes furent ensuite comparées avec les photos-aériennes pour éliminer les dernières erreurs possibles (légères distorsions, mares omises, etc.). Les diminutions en superficie des mares n'ont pas cartographiées lorsqu'elles étaient causées par des phénomènes d'assèchement estival.

4.0 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Mares et marelles.

4.1.1 Définitions

Depuis quelques années les marais littoraux laurentiens font l'objet de nombreuses recherches gouvernementales et universitaires. Les résultats de ces efforts permettent aujourd'hui d'aborder l'aménagement des marais littoraux à partir d'un niveau de perception qui tient compte des faciès écologiques tels que les marelles et les mares. Aussi, nous apparaît-il important de spécifier la différence écologique qui existe entre les marelles et les mares. Bien qu'il s'agisse dans les deux cas de dépressions dans les marais, on doit convenir que l'origine, la morphologie, l'évolution et la stabilité des deux types de dépressions diffèrent fondamentalement. Ces deux types se rencontrent à des niveaux topographiques différents dans les marais à spartines (Figure 1) impliquant qu'ils sont chacun soumis à des conditions hydrodynamiques particulières (Bertrand, 1984).

Les marelles sont caractéristiques de la haute slikke, soit la portion de marais colonisée par la spartine alterniflore (Spartina alterniflora), alors que les mares sont confinées au schorre, c'est-à-dire la section du marais inondée seulement moins de 5% du temps annuellement et caractérisée principalement par la présence de la spartine étalée (Spartina patens) (figure 1).

4.1.2 Formation

Pour comprendre l'origine des mares, il faut retenir que celles-ci évoluent simultanément aux marais. Ainsi lorsque le marais s'accroît verticalement et/ou horizontalement, soit par une augmentation de la sédimentation ou encore par relèvement isostatique, les marelles de la slikke peuvent se retrouver en position de schorre (Garneau, 1984). Ces nouvelles mares ne disparaissent pas malgré la diminution des taux de submersion et en plus elles peuvent même générer une partie de celles occupant une position topographique encore plus élevée. En effet, sous de nouvelles conditions édaphiques, divers processus contribuent à

transformer les mares, voire même d'en initier de nouvelles à la surface du schorre.

Essentiellement il existe deux types de marelles sur la haute slikke (Figure 1). Le premier type se forme à la limite inférieure de la végétation lorsque des îlots pionniers de spartine alterniflore se soudent les uns aux autres en laissant des vides entre eux appelés dépressions primaires (Yapp *et al.* 1917; Tansley, 1939; Steers, 1948; Millet et Egler, 1950; Chapman, 1960, 1964; Verger, 1968; Kesel et Smith, 1978; Garneau, 1984). Ces dépressions se maintiennent par la suite grâce à une sédimentation différentielle, c'est-à-dire que les sédiments ne sont retenus qu'au travers des tiges de la spartine et non dans les dépressions. Sur la partie supérieure de la haute slikke, les dépressions sont modifiées par les glaces flottantes. Elles constituent les marelles qui se forment lorsque le pied de glace adhère à la surface du marais puis se disloque en emprisonnant à sa base des radeaux de végétation et de substrat meuble (Hamelin et Cailleux, 1966; Cailleux et Hamelin, 1968; Dionne, 1968, 1969, 1970, 1972; Redfield, 1972; Allard, 1981). C'est au niveau de la haute slikke que l'on rencontre les plus fortes concentrations de marelles. En effet, c'est à ce niveau que l'action géomorphologique des glaces flottantes est la plus concentrée. Il en résulte de nombreux arrachements du couvert végétal et des empilements désordonnés de radeaux de végétation créant rétroactivement des dépressions plus ou moins importantes. Dans l'estuaire moyen, l'accumulation de ces radeaux de végétation favorise la sédimentation des particules fines permettant ainsi graduellement l'exondation de cette partie du marais qui évolue progressivement en un schorre (Bertrand, 1984).

Sur le schorre, soit au niveau supérieur du marais, les mares ne sont pas formées par l'activité glacielle puisqu'à cette altitude le pied de glace demeure pratiquement inactif. On présume que plusieurs mares originent des marelles formées sur la haute slikke. Dès lors, plusieurs processus peuvent expliquer l'évolution de ces mares. Elles peuvent agrandir et en s'approfondir puis s'assécher et se refermer au fur et à

mesure que s'exonde le marais (zones peu submergées). Quelques mares ont cependant une origine contemporaine et résulteraient de phénomènes mécaniques, sédimentologiques, physico-chimiques ou botaniques.

A cause de son importance pour la sauvagine, le schorre a été divisé en trois zones (bas, moyen, haut) à partir de critères géomorphologiques, pédologiques et botaniques. Le bas schorre est caractérisé par la présence de la spartine étalée (Se). Les zones plus élevées du marais, le moyen et le haut schorre, ont un cortège floristique plus riche et sont cartographiées comme herbaçaie salée (Hs). Essentiellement, il existe deux types d'herbaçaiies salées: une première dans laquelle la spartine étalée domine, et une seconde où la spartine moins abondante est accompagnée d'espèces comme la fétuque rouge (Festuca rubra), le plantain maritime (Plantago maritima), la spergulaire marine (Spergularia marina) et l'hiérochloé odorante (Hierochloe odorata).

Les agents hydrodynamiques (courants de marée, houles, vagues) affectent rarement la surface du schorre car ils agissent seulement lors des pleines mers de vive-eau, soit moins de 5% du temps annuellement. Cependant même si la marée n'atteint pas quotidiennement le schorre, elle crée des pressions hydrostatiques sur la zone de saturation en eau (Chapman, 1960).

C'est au niveau du bas schorre que les mares prennent de l'expansion autant en profondeur qu'en étendue. Ici les mares sont généralement profondes (20-60 cm) et remplies d'eau. Elles sont isolées ou peuvent communiquer entre elles par des chenaux aériens et/ou souterrains. La ruppie maritime (Ruppia maritima) est systématiquement présente à l'intérieur des mares et y atteint ses valeurs de densité les plus élevées.

A ce niveau du marais l'agrandissement et la coalescence des mares peuvent être causés notamment par:

- 1) la destruction de la végétation périphérique par l'accumulation de débris organiques poussés sur les bords par la marée ou possiblement par le jeu de la nappe phréatique (Warming, 1904; Massart, 1907; Harshberger, 1909, 1916; Johnson et York, 1915; Yapp et al., 1917; Conard, 1924; Taylor, 1938; Chapman, 1960; Verger, 1968; Redfield, 1972; Pethick, 1974);
- 2) une concentration excessive d'eau salée tuant les racines (Chapman, 1960);
- 3) le broutage des pourtours par les oies (Jefferies et al., 1979; Dionne, 1985);
- 4) un affaissement localisé du marais lié à la circulation d'eau souterraine d'eau (Turmel, 1958; Pethick, 1974; Kesel et Smith, 1978; Smith, 1979);
- 5) des poussées glacielles dans les mares lors de marées exceptionnelles;
- 6) une circulation de vagues à la surface favorisant l'agrandissement même des mares ou encore des couloirs ou chenaux entre celles-ci.

D'autre part les mares s'approfondissent à l'aide de processus de décomposition physico-chimiques et bio-chimiques initiés par la défloculation des argiles sur leurs pourtours et leurs fonds des mares (Frey et Basan, 1978). D'autres mares pourraient s'approfondir suite à des affaissements liés à l'écoulement souterrain de l'eau et de l'évacuation des sédiments par des canaux souterrains (Turmel, 1958; Pethick, 1974; Kesel 1978; Kesel et Smith, 1978; Smith, 1979). Notons également l'accumulation organique des tiges et racines de la spartine étalée donnant l'illusion d'un approfondissement, alors que c'est plutôt la surface environnante qui s'élève (Kaye et Barghoon, 1964; Redfield, 1972). La spartine étalée favorise également l'accumulation

dans le sol. Ainsi la différence de profondeur des mares pourrait avoir un lien avec la profondeur de matière organique dans le sol, bien que lors de leur formation sur la haute slikke elles n'avaient pas la même profondeur (Garneau, 1984).

Dans le moyen schorre les mares sont aussi grandes voire plus grandes que celles du schorre inférieure, mais elles sont moins profondes (10-25 cm). A ce niveau le faciès caractéristique correspond à une alternance de mares peu profondes ayant une mince tranche d'eau eutrophiée accompagnées par d'autres mares en partie ou totalement asséchées. Cela semble caractéristique de plusieurs marais (Harshberger, 1916; Yapp et al., 1917; Miller et Egler, 1950; Tyler, 1969; Glooshenko, 1978; Gauthier et Goudreau, 1983; Garneau, 1984). L'assèchement des mares est dû principalement à de meilleures conditions de drainage engendrées par des taux de submersion moins élevés (1 à 0,5% du temps annuel) et aussi par une plus faible quantité de matière organique, ce qui offre une moindre capacité de rétention d'eau dans le profil de sol (Garneau, 1984). L'évaporation de l'eau et le jeu de la nappe phréatique entraînent, sur les surfaces dénudées et quelques mares peu profondes, une concentration de sels en surface ce qui donne la possibilité à des espèces halophytes de s'implanter.

Les mares du haut schorre ont sensiblement la même étendue que celles du moyen schorre avec une mince tranche d'eau. Elles sont peu profondes, (<15 cm) généralement sans eau durant l'été et évoluent vers des surfaces dénudées ou des croûtes à fortes concentrations salines. Une fois asséché, le fond des mares est envahi par des halophytes colonisatrices comme la spartine alterniflore et salicorne d'Europe contribuant à scinder les mares en deux ou en trois (Garneau, 1984). Sur le haut schorre les mares ont tendance à s'assécher et à former de grandes surfaces dont le fond s'exhausse lentement pour atteindre la surface générale du marais.

En résumé, on peut affirmer que plusieurs mares à la surface du schorre ont une origine composite. Dans une perspective évolutive, les mares

sont d'abord initiées sur la haute slikke (marelles), principalement par les agents glaciels, avant d'être agrandies sur le schorre par divers processus. On soupçonne également que de nouvelles mares se forment grâce à ces processus propres au schorre. Ceux-ci peuvent être regroupés selon leurs origines: physico-chimique, sédimentologique, faunique, mécanique ou anthropique (tableau 1). Il faut cependant noter que la plupart des études mentionnant ces processus ont été effectuées sous des latitudes différentes et sont donc susceptibles d'être plus ou moins actifs dans les marais laurentiens.

TABLEAU 1: ORIGINES POSSIBLES DES MARES.

<u>MODE DE FORMATION</u>	<u>AUTEUR</u>	<u>ANNEE</u>	<u>PAYS</u>
PHYSICO-CHIMIQUE			
. Accumulation de débris organiques	Warming	1904	?
	Massart	1907	Belgique
	Harshberger	1909, 1916	E.-U.
	Johnson et York	1915	?
	Yapp <u>et al.</u>	1917	Angleterre
	Conard	1924	E.-U.
	Taylor	1938	E.-U.
	Chapman	1960	?
	Verger	1968	France
	Redfield	1972	E.-U.
Pethick	1974	Angleterre	
. Concentration excessive de sel	Taylor	1938	E.-U.
	Chapman	1960	?
	Glooschenko	1978	Baie de James
. Accumulation d'eau salée	Chapman	1960	?
. Décomposition de matière organique	Miller et Egler	1950	E.-U.
FAUNIQUE			
. Action des oies	Jefferies <u>et al.</u>	1979	Manitoba
	Dionne	1985	Québec

SEDIMENTOLOGIQUE

. Colmatage, obstruction et fragmentation de chenaux	Yapp <u>et al.</u>	1917	Angleterre
	Nicol	1935	Royaume-Uni
	Tansley	1939	Angleterre
	Steers	1948, 1953	Angleterre
	Miller et Egler	1950	E.-U.
	Van Straaten	1954	Pays-Bas
	Guilcher & Berthois	1957	France
	Turmel	1958	France
	Chapman	1960	?
	Verger	1968	France
	Redfield	1972	E.-U.
Jefferies <u>et al.</u>	1979	Manitoba	

MECANIQUE

. Affaissements localisés liés à la circulation de nappes d'eau	Turmel	1958	France
	Pethick	1974	Angleterre
	Kesel et Smith	1978	Ecosse
	Smith	1979	?

ANTHROPIQUE

. Mares creusées par des chasseurs	Dallery	1955	France
	Verger	1968	France
	Gauthier et Boudreault	1980	Québec
	Allard	1981	Québec
	Dionne	1985	Québec

4.1.3 Superficie et densité des mares par groupement végétal

Un des objectifs de ce travail est de redéfinir les unités cartographiques des marais à spartines du Saint-Laurent sur la base de quatre classes de densité de marelles et des quatre groupements végétaux les plus représentatifs du milieu. Bien que les résultats soient exprimés cartographiquement (1:20 000), nous avons cru bon de regrouper sous la forme d'un tableau (Tableau 2) l'essentiel des résultats concernant les superficies occupées par des mares selon les classes de densité et les groupements végétaux (Hs= herbaçaie salée; Se= spartine étalée; h= herbaçaie; Sc= scirpe américain) préalablement identifiés par le Groupe Dryade (1980). Dans un but pratique nous avons intégré dans la colonne de gauche le numéro de la page correspondant au feuillet cartographique du travail du Groupe Dryade (1980).

TABEAU 2: SUPERFICIES (HA) DES MARES PAR CLASSE DE DENSITÉ ET PAR TYPE DE VÉGÉTATION.

Page	Hs					Se					Grand Total
	m1	m2	m3	m4	Total	m1	m2	m3	m4	Total	
39	2,6	49,4	11,1	31,2	94,3	--	--	--	--	---	94,3
44	14,8	29,1	20,1	20,6	84,6	--	--	--	--	---	84,6
48	--	34,3	24,8	--	59,1	--	--	--	--	---	59,1
49	--	8,8	1,1	--	10,4	--	--	--	--	---	10,4
50	3,8	82,1	97,2	8,8	191,9	--	--	--	--	---	191,9
51	--	23,2	40,2	56,6	120,0	--	--	--	--	---	120,0
52	5,8	23,9	7,7	--	37,4	--	--	--	--	---	37,4
53	--	--	121,5	43,1	164,6	--	--	--	--	---	164,6
54	2,3	13,6	--	--	15,6	--	--	--	--	---	15,6
57	42,0 32,7(h)	127,3 26,7(h)	4,3 3,9(h)	33,1	270,0	12,3 5,4(sc)	46,1 11,3(sc)	19,9	19,2	97,5	367,5
58	29,1	143,1	100,0	--	272,2	--	7,1	49,7	42,1	98,9	371,1
53	5,3	28,2	9,7	--	43,2	2,3	11,6	4,8	11,0	29,7	72,9
60	5,8	320,6	54,3	20,0	400,7	--	26,8	105,7	207,0	339,5	740,2
61	3,2	14,0	3,6	--	20,8	--	1,2	1,5	3,8	6,5	27,3
62	5,6	9,6	3,0	--	18,2	--	--	--	10,7	10,7	28,9
63	--	--	16,8	--	16,8	--	5,0	2,7	29,9	37,6	54,4
110	10,8	3,4	--	--	14,2	--	--	--	--	---	14,2
111	9,4	--	--	--	9,4	--	--	--	--	---	9,4
112	60,8	265,4	61,2	7,7	395,1	--	--	--	--	---	395,1
114	10,0	116,8	50,2	5,1	182,1	--	--	--	--	---	182,1
116	14,9	49,6	3,3	--	67,8	--	--	--	--	---	67,8
117	11,3	35,3	12,3	--	58,9	--	--	--	--	---	58,9
118	8,4	37,6	22,6	--	68,6	--	--	--	--	---	68,6
119	22,4	24,9	--	--	47,3	--	--	--	--	---	47,3
120	--	14,7	--	--	14,7	--	--	--	--	---	14,7
121	5,5	81,0	2,9	--	89,4	--	9,1	--	--	9,1	98,5
122	--	--	--	--	0,0	--	--	--	--	0,0	0,0
123	150,4	30,0	20,5	9,5	210,4	--	4,0	18,2	--	22,2	232,6
124	366,9	99,3	81,0	69,3	616,5	--	--	--	--	---	616,5
125	82,0	80,4	--	3,5	165,9	--	--	--	--	---	165,9
126	129,8	61,2	13,6	12,9	217,5	--	--	--	--	---	217,5
127	220,6	221,1	--	--	441,7	--	--	--	--	---	441,7

Total: 1256,2 2054,6 787,4 321,4 4419,6 14,6 110,9 202,5 323,7 651,7 5071,3

Dans l'ensemble, il ressort pour le groupement à Scirpe américain (Sc) concentré uniquement dans la Baie de Kamouraska que la superficie occupée par les mares n'est que de 17 hectares (16,7). Seulement deux classes de densité y sont présentes soient les classes M₁ et M₂ représentant respectivement 32,3% et 67,6% de l'ensemble de la superficie des mares. Au niveau de l'herbaciaie, groupement qui accompagne celui du Scirpe américain, les mares occupent 63,3 hectares. Cette superficie se répartit selon trois classes de densité: M₁, M₂ et M₃ avec des valeurs respectives de 51,7%, 42,2% et 6,1%.

Dans les marais à spartines, les mares occupent d'assez grandes superficies comparativement à celles occupées par les végétaux. Ainsi, dans le groupement à spartine étalée (Se), les mares couvrent 635 hectares. De cette superficie 1,4% fait partie de la classe M₁, 15,7% de la classe M₂, 31,9% de la classe M₃ et 51,0% de la classe M₄. Les unités cartographiques représentées par les classes de densité M₃ et M₄ couvrent donc à elles seules 83% de la superficie totale du marais colonisé par le groupement à spartine étalée.

C'est l'herbaciaie salé (ha) qui occupe les plus grandes superficies végétales dans le marais à spartines soit 4356,3 hectares. Ici encore les quatre classes de densité sont présentes. L'importance de chacune est cependant différente. Ainsi la classe M₂ couvre 46,5% de la surface totale alors que les classes M₁, M₃ et M₄ occupent respectivement 28,1%, 18,0% et 7,4%.

En résumé, la classe M₂ caractérise l'unité cartographique majeure avec ses 2165,5 hectares. Les classes M₁, M₃ et M₄ présentent des totaux respectifs de 1270,8, 989,9 et 645,1 hectares. D'autre part, 85% des mares cartographiées dans les marais à spartines de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent se retrouvent dans le groupement à spartine étalée (Se) soit sur la partie inférieure du schorre.

4.1.4 Cartographie polystatique anisochrone des marais témoins: Isle-Verte, Pointe-aux-Outardes et Restigouche.

Beaucoup de rivages montrent une grande rapidité d'évolution géomorphologique. Pour cette raison, ils ont fait l'objet de nombreux essais cartographiques représentant, d'une façon ou d'une autre, cette évolution. Il est clair que le dynamisme littoral est très inégal d'un milieu à un autre. Par exemple, le recul d'une falaise de grès ne s'effectue pas à la même vitesse que la progression du débouché de la rivière Mingan. L'objet même d'une cartographie tenant compte de l'évolution doit être défini en fonction d'un cadre chronologique dont les limites de l'intervalle se situent à partir des plus anciens et plus récents documents disponibles.

Dans cette étude nous avons réalisé une analyse comparative des mares de trois marais témoins: l'Isle-Verte, Pointe-aux-Outardes et Restigouche. Cette analyse comparative a été réalisée sur un intervalle de temps variant entre 14 et 17 ans. L'intervalle de temps de 20 ans suggéré dans le devis a dû être rejeté en raison de l'absence de documents photographiques pour cette période.

Cette étude comparative nous a permis de démontrer que la physionomie des mares n'a pratiquement subi aucun changement au cours de cet intervalle de temps (Figures 3, 4 et 5). En effet, la portion de marais analysée à l'Isle-Verte ne présente aucune modification. Pour le marais de Pointe-aux-Outardes un seul changement a été observé entre 1965 et 1979 et on interprète cette modification comme étant le résultat d'une différence du niveau d'eau dans la mare entre les deux années. Par contre, sur le marais de Restigouche quatre mares semblent s'être agrandies entre 1963 et 1974. On croit cependant que cette modification résulterait elle aussi d'une simple différence de niveau d'eau dans les mares.

Il existe sûrement des changements dans ces marais, mais ils demeurent pratiquement impossibles à déceler sur les photos et compte-tenu de l'échelle et la marge d'erreur qu'entraîne la distorsion. Dans

l'ensemble, les mares des trois marais-témoins seraient stables et les changements notés causés surtout par l'assèchement estival.

4.1.5 Évaluation du nombre de mares >0,5 ha.

Contrairement à ce que l'on aurait pu croire, très peu de mares ont une superficie dépassant 0,5 ha. Au total nous en avons compté seulement 17 dans les zones de végétation (Tableau 3, p.22).

Sur la Côte Nord, nous avons repéré trois grandes mares: une à Tadoussac et deux dans la Baie des milles Vaches. A Tadoussac, la mare est coincée entre deux arbustives et son niveau d'eau fluctue avec la marée. Dans la Baie des milles Vaches, la mare la plus intéressante se situe à la Pointe-au-Boivert. Il s'agit d'un site protégé mais toutefois anthropisé.

Dans l'estuaire moyen, 3 mares ont été dénombrées. Sur le feuillet cartographique Iles de Kamouraska on peut voir une mare artificielle derrière l'aboiteau. Deux autres grandes mares sont présentes sur le feuillet Isle-Verte. Les deux occupent le groupement à Spartine étalée (Se) mais se situent très près du talus séparant ce groupement du groupement à spartine alterniflore. Ce secteur, pourrait expérimentalement faire l'objet de coalescence de petites mares en une plus grande étant donné leur présence innombrable.

Une seule mare a été relevée en Gaspésie. Elle se situe dans la Baie de Paspébiac à l'intérieur de la pointe de Paspébiac où on note la présence de plusieurs interventions anthropiques.

Le secteur des Iles-de-la-Madeleine présente 10 mares d'une superficie > 0,5 ha seulement certaines de celles-ci paraissent intéressantes sur le plan du potentiel faunique. Les plus intéressantes se situent au pourtour de la lagune du Havre aux Basques. Les autres se trouvent essentiellement en bordure des lagunes de Havre aux Maisons et de Grande Entrée. A l'exclusion des mares de la lagune du Havre aux

Basques, les mares des Îles-de-la-Madeleine s'assèchent sévèrement en période estivale.

Si on exclut le secteur de l'Isle-Verte, les mares ayant une superficie de 0,5 ha et plus se trouvent dans des marais où la densité de celles-ci est peu élevée. En effet, la classe M₂ indique souvent qu'il n'y a qu'une seule mare dans la zone cartographiée et même les classes M₃ et M₄ peuvent témoigner de la présence d'une seule grande mare dans une petite zone de végétation.

TABLEAU 3: MARES DE 0,5 HA OU PLUS

N° de page	Carte/Zone	Nb de mares	Commentaires
48	5NB 2	1	Environ 2 ha, ennoyée seulement à marée haute et évidemment partiel à marée basse.
50	7N 8	2	Environ 0,5 ha chaque.
58	2S 8	1	Artificielle, environ 0,5 ha.
60	4SB 8	2	Environ 0,5 ha chaque.
118	14 2	1	Environ 1,0 ha.
124	1 1	1	Environ 10,0 ha.
	1 5	1	Environ 7,0 ha.
	1 20	1	Environ 0,5 ha.
125	2 12	1	Environ 0,5 ha, communique avec la lagune.
	13	1	Environ 0,5 ha.
126	3 7	1	Environ 0,5 ha, communique avec la lagune.
	19	1	Environ 0,5 ha.
	21	1	Environ 0,5 ha.
	29	1	Environ 0,5 ha.
127	4 6	1	Environ 0,5 ha, communique avec la lagune.

17 mares de 0,5 ha ou plus,
incluses dans des zones végétées.

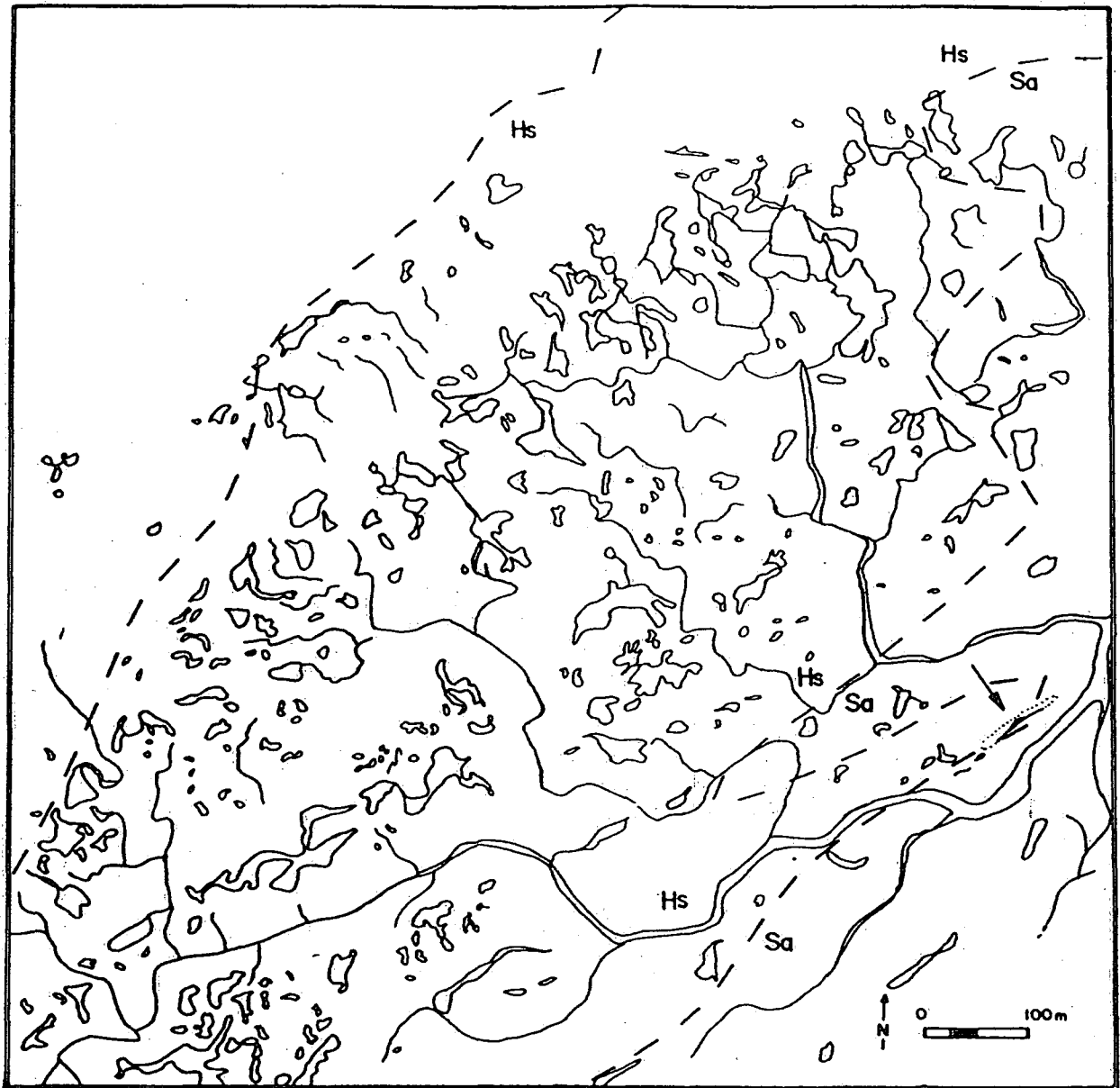


Figure 3: Stabilité des mares du marais de Pointe-aux-outardes, 1965-1979.

N.B. Les flèches indiquent les mares ayant subies des modifications.
 Les traits indiquent les limites approximatives entre les zones végétées.
 Les lettres: Sa= spartine alterniflore; Se= spartine étalée;
 Hs= herbaçaie salée.

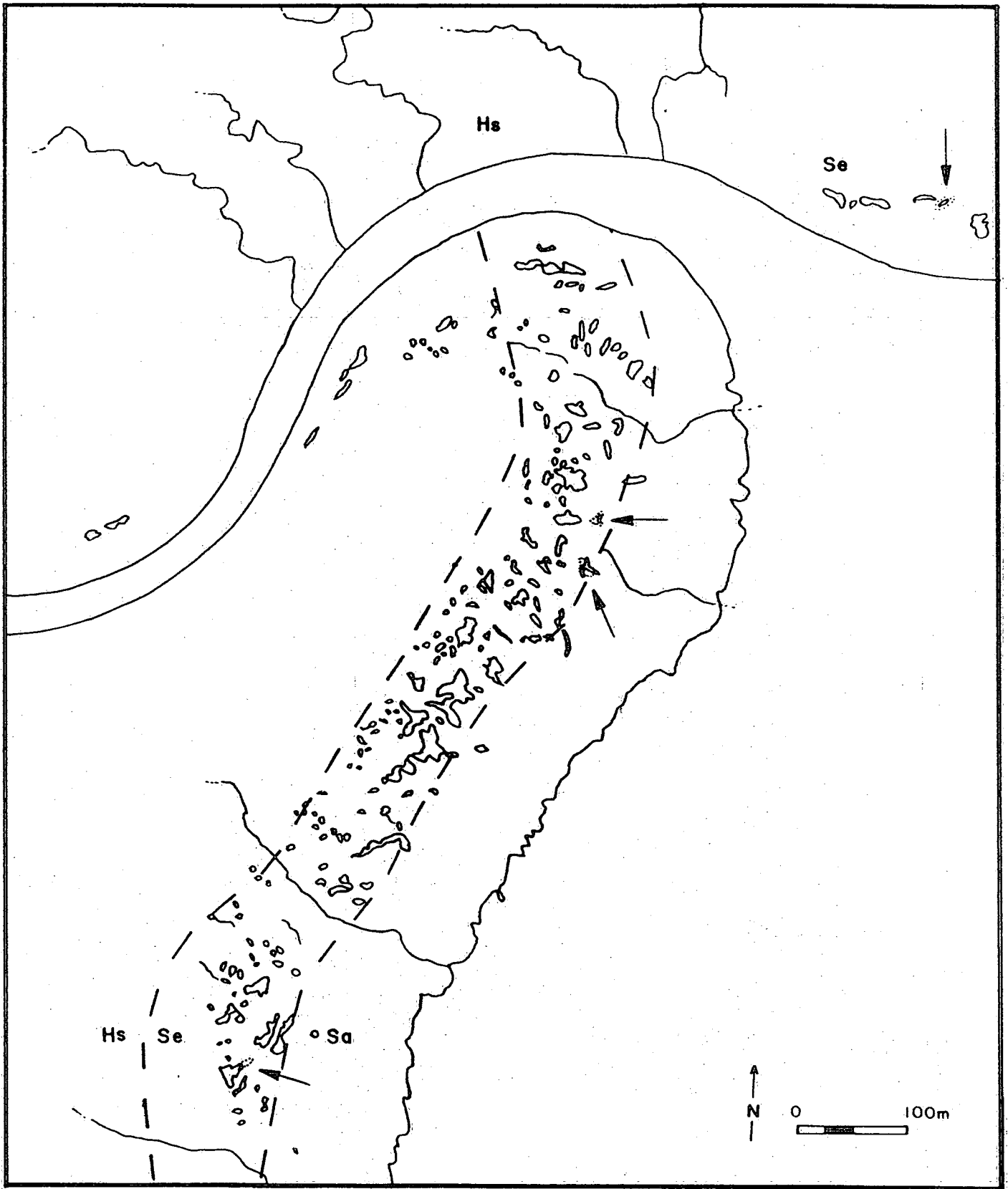


Figure 4: Stabilité des mares du marais de Restigouche, 1963-1980.



Figure 5: Stabilité des mares du marais de la Baie de l'Isle-Verte, 1965-1979.

4.2 *Ruppia maritima*

4.2.1 Taxonomie et répartition actuelle.

Ruppia maritima L. est selon Fernald (1950) une halophyte circum polaire. Sa taxonomie a fait l'objet de nombreuses études (Hutchinson, 1934, 1959; Marie-Victorin, 1964; Uhl, 1947, Scoggan, 1950, 1978; Fernald et Wiegand, 1914; Fernald, 1950) sauf qu'aucune classification définitive n'a été établie. Nous retenons celle de Fernald (1950) et reprise par Rousseau (1974) classant le genre dans la famille des Zosteraceae. Fernald décrit dans ses travaux 2 espèces de *Ruppia*: *R. occidentalis* S. Wats (confinée à la côte ouest Nord-Américaine) et *R. maritima* L., subdivisée en 7 variantes définies à partir de critères morphologiques et observées sur la côte Atlantique de l'Amérique du Nord depuis le Labrador (circa 54° parallèle Nord) (Rousseau, 1974) jusqu'en Amérique centrale (Bourn, 1935). Le genre *Ruppia* colonise de plus certains lacs alcalins à l'intérieur du continent. Pour les besoins de ce travail, nous nous limiterons à l'écologie de *Ruppia maritima sensu lato*. Au Québec, le long du Saint-Laurent, la limite méridionale de *Ruppia maritima* se situe dans l'archipel de Montmagny (Gauthier, 1980). Sa distribution remonte dans l'estuaire et le golfe jusqu'à Vieux-Comptoir (52° lat. nord) sur la rive nord tandis que sur la rive sud elle atteint la péninsule gaspésienne et les Îles-de-la-Madeleine (Rousseau, 1974).

Ruppia maritima est une halophyte vraie dans le sens qu'elle exige un taux de salinité supérieur à 3‰ pour se maintenir (Gauthier, 1980). Elle occupe la frange intertidale, c'est-à-dire la zone de balancement des marées entre les plus basses et les plus hautes mers annuelles. On la trouve le plus souvent dans les eaux salées ou saumâtres des mares ou des chenaux découpant les marais littoraux. Aux États-Unis elle occupe même certaines surfaces vaseuses peu profondes dans les baies et les estuaires (Nixon et Oviat, 1973). Un inventaire écologique détaillé dans le secteur Cacouna-Isle-Verte, estuaire du Saint-Laurent (Garneau, 1984) a révélé la présence quasi systématique de *Ruppia maritima* dans les grandes mares des groupements à spartine étalée et à ceux de l'herbaciaie salée, plus rarement dans celles observées à la limite du

Niveau Moyen des Mers et jamais inférieurement. Gauthier et Goudreau (1983) ont associé la présence de Ruppia à la pérennité des mares. Grandtner (1975), dans la baie de Penouille à Gaspé, a observé de la ruppie maritime dans plusieurs mares et chenaux du marais. Il mentionne en plus sa présence dans la partie inférieure de la zone intertidale en contact avec la zostère marine.

4.2.2 Écologie de Ruppia maritima

Une revue de littérature détaillée des travaux nord-américains réalisés sur l'écologie de Ruppia maritima nous a permis de définir les principaux paramètres favorables à la présence, au maintien et au développement de cette espèce (Setchell, 1924, 1946; Joanen, 1964; Conover, 1966; Muenscher, 1967; Mayer, 1969; Nixon et Oviat, 1973; Boyd, 1975; Richardson, 1980). Ces paramètres sont:

- 1- la profondeur de l'eau: en fonction de la marée, des précipitations et du taux d'évaporation,
- 2- la température de l'air et de l'eau,
- 3- la salinité,
- 4- le contenu en oxygène dissous,
- 5- la turbidité de l'eau,
- 6- le substrat,
- 7- la présence d'épibiotes.

1. La profondeur de l'eau

Elle agit directement sur la taille des individus de Ruppia. Dans les eaux peu profondes, les plants ont tendance à s'étaler et la distance aux entrenoeuds est très courte alors que dans les eaux plus profondes leur croissance est ascendante.

La marée régit la profondeur de l'eau dans les mares soit par l'inondation directe (plus ou moins fréquente selon le niveau topographique), soit par l'inondation indirecte lorsque, par exemple, elle pénètre dans les chenaux et ou encore qu'elle fait monter, par poussée hydrostatique, le niveau de la nappe phréatique.

Les précipitations et, par conséquent, le taux d'évaporation ont des conséquences importantes sur l'environnement aquatique de Ruppia. Le taux d'évaporation diminue la profondeur de l'eau dans les mares en plus d'augmenter la salinité et les chances de dessiccation. Les mares peu profondes sont donc sujettes à des fluctuations rapides et peuvent même exposer leur fond s'asséchant pendant l'été. L'alternance de périodes sèches est favorable et même essentielle à une reproduction sexuée de la ruppie en autant que les individus et surtout les graines ne soient pas soumises à une dessiccation complète mais plutôt protégées dans le sédiment ou sous une couverture d'algues (McLaughlin, 1974). Une trop longue dessiccation diminue la viabilité des graines de Ruppia.

2. La température de l'air et de l'eau

Le régime thermique des mares varie en fonction de leurs caractéristiques structurales (taile, profondeur) et de la végétation qui les colonise. Certaines mares présentent un régime isothermal alors que d'autres montrent une stratification souvent concordante avec celle de la salinité.

La stratification de la température de l'eau dans les mares est avantageuse pour Ruppia (Richardson, 1980). Elle apparaît plus comme un résultat de l'effet de l'ombre créée par la couverture végétale (amas d'algues et de ruppie) que simplement de la profondeur de la mare. Le couvert végétal interfère probablement avec les courants de convection qui auraient tendance autrement à uniformiser la colonne d'eau (Young et Zimmerman, 1956). Selon Boyd (1975) les différences de températures dans l'eau des mares où la couverture végétale est dense peuvent varier de 5° à 10°C pendant une même journée. Aussi, Butler (1963) mentionne que la stratification de la température de l'eau est plus prononcée là où la turbidité est plus élevée.

La croissance de Ruppia maritima s'étend sur une plus longue période pendant l'été, dans les mares où le couvert végétal est dense, favorisant des microthermoclines. Les graines produites tôt dans la saison, au moment où l'eau est à peu près libre d'amas d'algues,

développent des téguments plus épais que celles produites plus tard (Mayer, 1969). Une production de graines avec différentes épaisseurs de téguments présente donc des capacités de germination s'étalant sur une plus longue période de temps et sous une plus grande variété de conditions pendant la saison de reproduction.

Quant à la température de l'air, elle influence la croissance de Ruppia par la quantité d'énergie lumineuse absorbée par la couverture végétale en fonction de la radiation solaire.

Différents auteurs (Setchell, 1924; Joanen, 1964; Conover, 1966; Anderson, 1969; Richardson, 1980) ont défini des optimums thermiques pour la germination, la croissance, la floraison, la maturation de fruits et la production de graines de Ruppia. Ce sont:

- germination des graines: entre 11 et 18°C,
- croissance végétative ou sexuée: entre 20 et 25°C,
- floraison et pollinisation: entre 24 et 30°C,
- développement, maturation des fruits et production de graines: entre 26 et 32°C.

Conover (1966) au Texas mentionne que le maximum de croissance de la ruppie coïncide avec le maximum thermique de l'été plutôt que son maximum solaire alors que Richardson (1980) au New Hampshire affirme le contraire. Selon ce dernier, Ruppia maritima atteindrait son taux de croissance le plus élevé à la fin juin (maximum solaire) pour décroître graduellement en juillet et atteindre la sénescence à la fin août. Il soutient que l'augmentation de la température, de la salinité, de la croissance des épiphytes et du couvert d'algues pendant l'été a un effet limitatif sur la croissance de Ruppia après la mi-juillet.

3. La salinité

Le taux de salinité de l'eau des mares est régi par différents facteurs soient:

- la submersion marégraphique,
- les précipitations,

- l'évaporation,
- l'échange hydrique mare-substrat environnant,
- le ruissellement terrestre.

La variabilité de la salinité de l'eau des mares augmente à mesure qu'on s'éloigne du Niveau Moyen des Mers. Ainsi, une marée inondant une mare remplie par un volume d'eau de pluie va augmenter sa salinité alors qu'elle la diminuera là où l'eau a été en partie ou totalement évaporée suite à une période chaude et sèche.

Dans les mares où le taux d'évaporation est important, on peut enregistrer des valeurs de salinité très élevées sous le couvert d'algues allant jusqu'à 50 à 70%.

Le ruissellement terrestre a peu d'influence sur la salinité de l'eau des mares sauf au printemps où son volume est plus important (Richardson, 1980). Là où les conditions topographiques sont favorables, ce ruissellement peut créer un gradient de pression du même type que celui généré par la marée.

Ruppia maritima tolère une grande variabilité de taux de salinité. Conover (1964) a reconnu un échelon de 0 à 60% pendant la saison de croissance. Mayer (1967, 1969) mentionne l'importance d'un certain taux de salinité nécessaire à son développement (15-30%) mais que ce dernier doit être assez bas (1-18%) pour un maximum de germination. Il affirme que des différences dans les taux de salinité des mares régieraient la taille et la forme des graines de ruppie. Selon McKay (1935), la concentration totale en sels influencerait la floraison et la maturité de Ruppia plus que tout autre phénomène.

Les populations de ruppie semblent avoir adapté des stratégies de reproduction en fonction du taux de variabilité de la salinité. Comme le mentionne Meyer (1967, 1969), les annuelles se rencontrent dans les sites où les faibles valeurs de salinité (moyenne 2%) au printemps facilitent la germination et le développement des graines. Ces

populations produisent alors une abondante quantité de graines avant que ne survienne le maximum de salinité saisonnier. Les vivaces sont alors plutôt concentrées dans les sites où les taux de salinité sont plus élevés et peut-être plus constants. Cette stratégie de reproduction ne garantit même pas toutefois le maintien permanent de l'espèce dans les mares (Setchell, 1946).

4. Le contenu en oxygène dissous

Selon Richardson (1980), le contenu en oxygène dissous dans la colonne d'eau est affecté par plusieurs facteurs dont:

- l'effet d'ombrage par la couverture végétale (amas d'algues et de ruppie),
- les différences de température et de salinité,
- la respiration de la végétation et la décomposition de celle devenue sénescente,
- le métabolisme à l'interface vase-eau et dans le sédiment,
- les gains et pertes à l'interface air-eau.

Aux sites où la pénétration de la lumière dans la mare est limitée due à une importante couverture végétale en surface, on y décèle un maximum de photosynthèse favorisant une stratification (similaire à celle de la température et de la salinité) du contenu en oxygène dissous dans l'eau (Boyd, 1975).

Comme la plupart des hydrophytes submergées, Ruppia maritima retient, dans son système lacunaire, un certain pourcentage de l'oxygène produit par la photosynthèse pour sa respiration (Sculthorpe, 1967). La quantité d'oxygène dissous est donc importante pour le développement et le maintien de l'espèce.

5. La turbidité de l'eau

Trois facteurs régissent principalement la turbidité de l'eau dans les mares. Ce sont:

- la quantité dissoute de matière organique dérivée du substrat,
- la concentration de particules organiques et inorganiques en suspension dues à la mobilité des sédiments sous l'effet du vent, de la marée ou de l'activité faunique (poissons, vers, crustacés, etc.),
- la concentration de phyto- et zooplancton.

La végétation de surface dans les mares (composée principalement d'algues vertes filamenteuses) diminue l'effet du vent sur la remise en suspension des sédiments et l'ombre qu'elle cause entrave le développement du plancton (Boyd, 1975). La croissance des épiphytes et l'accumulation totale d'épibiotes sont de plus significativement réduits là où cette couverture végétale est importante.

Ruppia maritima est abondant surtout dans les mares où la turbidité de l'eau est faible. Anderson (1970), Boyd (1975) et Gutierrez (1977) soulignent la sensibilité de l'espèce à la turbidité et l'accusent même d'avoir fait disparaître des populations entières. En effet, la turbidité causée par le plancton et les particules en suspension diminuent significativement la lumière nécessaire pour la photosynthèse et est donc néfaste à la croissance et au maintien des populations de ruppie.

Les travaux de Richardson (1980) montrent aussi que la croissance de Ruppia est plus vigoureuse, que sa production de graines est augmentée et que les plants sont dépourvus d'épibiotes là où la surface de la mare est ombragée par une couverture d'algues et que la couche d'eau sous-jacente est claire.

6. Le substrat

Tel que mentionné précédemment, un certain niveau d'humidité doit persister dans les mares afin d'assurer le maintien et le développement des populations de ruppie maritime. Garneau (1984) a tenté d'expliquer la présence et l'évolution spatio-temporelle des mares dans le marais de l'Isle-Verte en se basant en grande partie sur le contenu du sol en

matière organique. Un substrat à dominance organique possède une plus grande capacité d'absorption et de rétention en eau et influence par conséquent le régime hydrique des mares à proximité empêchant la dessiccation et la disparition complète de celles-ci à mesure qu'on s'éloigne en altitude du Niveau Moyen des Mers.

7. La présence d'épibiotés

Les conséquences de la présence d'épibiotés sur la croissance, le développement et la capacité de reproduction de Ruppia sont assez significatives (Richardson, 1980). La dense accumulation de matériel épiphytique sur la ruppie maritime peut entraver la photosynthèse jusqu'à ce que:

- il n'y ait plus assez d'oxygène produit et emmagasiné dans le système lacunaire pour faciliter la respiration dans un environnement où la demande est élevée,
- les produits directs et indirects émis par cette photosynthèse soient suffisamment réduits pour ne plus assurer la persistance des plants soit par le maintien de rhizomes pérenns ou soit encore par la viabilité des graines produites.

La croissance des épiphytes sur les individus de Ruppia maritima réduit de plus l'efficacité d'assimilation de l'épiderme (Richardson, 1980). Cette capacité d'assimiler les éléments nutritifs est cependant plus dépendante des propriétés hydrologiques qu'édaphiques de l'environnement (Conover, 1958, 1964, 1966; Conover et Gough, 1966; Sculthorpe, 1967; Richardson, 1980). Les taux de transferts de gaz et d'éléments nutritifs dissous à partir de l'eau jusqu'à la plante sont fonction du mouvement sur les surfaces des feuilles et des tiges (Conover, 1966; Richardson, 1980).

Des plants vigoureux et dépourvus d'épibiotés sont donc plus susceptibles d'être trouvés dans la zone quotidienne de balancement des marées.

4.2.3 Synthèse et discussion

Dans l'optique d'une utilisation par la sauvagine et d'après les travaux consultés, les sites les plus favorables à la croissance et au développement de Ruppia maritima doivent présenter les caractères suivants:

1. mares favorisant une reproduction sexuée de l'espèce au détriment d'une reproduction végétative libérant ainsi, avec la production de graines, un stock alimentaire supplémentaire à celui des feuilles et des tiges,
2. mares non inondées quotidiennement où le taux d'évaporation est assez élevé à certaines périodes pendant l'été pour permettre un assèchement du fond. L'alternance de périodes sèches est en effet favorable et même essentielle à la reproduction sexuée de la ruppie en autant que les individus et surtout les graines ne soient pas soumis à la dessiccation complète,
3. mares enregistrant une grande variabilité dans les taux de salinité (0-60%). Les populations annuelles de ruppie se rencontrent surtout dans les sites où les valeurs de salinité sont faibles au printemps dues en partie aux apports d'eau douce par le ruissellement terrestre et plus élevées pendant l'été à cause principalement de l'évaporation,
4. mares avec une importante couverture végétale à la surface de l'eau (composée principalement d'algues vertes filamenteuses) permettant:
 - a. une non-dessiccation complète des individus et des graines sous l'effet de l'évaporation de l'eau (point 2),
 - b. une stratification de la température de l'eau impliquant une croissance de la ruppie sur une plus longue période et sous une plus grande variété de conditions favorisant, entre autres, une production de graines avec différents types d'épaisseurs de téguments et par conséquent, de capacités de germination. Des valeurs d'optimum thermiques pour la germination, la croissance, la floraison, la maturation des fruits et la production de graines ont été définies par différents auteurs,

- c. une stratification dans la colonne d'eau de la quantité d'oxygène dissous produite par la photosynthèse et nécessaire à la respiration d'hydrophytes submergées telles que la ruppie maritime,
 - d. une diminution de la turbidité impliquant des individus plus vigoureux, des populations plus denses et ainsi, une augmentation de la production de graines,
 - e. une réduction des épibiotés à la faveur d'une meilleure croissance de l'espèce mais au détriment du régime alimentaire de la sauvagine.
5. mares persistant dans un substrat caractérisé par une quantité importante de matière organique influençant le régime hydrique en empêchant l'évaporation de l'eau interstitielle dans le profil du sol.

4.3 Création de mares

4.3.1 Sites potentiels

En combinant l'information recueillie dans ce travail avec les résultats obtenus lors d'un inventaire écologique détaillé du secteur côtier Cacouna-Isle-Verte (Garneau, 1984; Bertrand, 1984) nous sommes en mesure de définir l'emplacement idéal où la création de marelles et la plantation de Ruppia seraient les plus envisageables.

Tel que mentionné précédemment, Garneau (1984) a relevé la présence systématique de la ruppie maritime dans le groupement à spartine étalée et dans ceux de l'herbacaie salée. Le groupement à spartine étalée ne constitue pas le niveau idéal pour ce type d'aménagement car il est situé trop près du Niveau Moyen des Mers et risque d'être érodé sous l'influence d'une hausse possible du niveau de l'eau même si ce n'était que de quelques centimètres de plus qu'il ne l'est actuellement. Ce sont donc les unités des moyen et haut schorre (Bertrand et al., 1983) correspondant à la limite de distribution de l'herbacaie salée qui sont retenues. Ce sont des milieux où les mares sont de moyennement à peu profondes (10-50 cm), influencées au printemps par des apports d'eau douce dus au ruissellement terrestre, rarement inondées par l'influence directe de la marée (0,2 à 1% annuellement) mais soumises à son influence indirecte par les chenaux et le jeu de la nappe phréatique. Ces mares sont également colonisées par une couche d'algues vertes à la surface de leur eau et sont soumises à une forte évaporation pendant l'été. Elles peuvent encore s'agrandir mais ne s'approfondissent plus.

Il est essentiel de retenir qu'il faut distinguer dans les marais cartographiés par Dryade (1980) les secteurs dans l'herbacaie salée où le sol possède un fort contenu en matière organique. De tels cas ont été observés à plusieurs endroits, notamment dans le marais de l'Isle-Verte; dans la baie de l'Isle-Verte et à l'est de Rivière des Vases. Ces sols permettent une meilleure rétention en eau et empêchent la décomposition rapide de l'horizon organique au détriment de la minéralisation du marais et de la disparition des mares.

Les marais de Restigouche dans la baie des Chaleurs, de Pointe-aux-Outardes à l'embouchure de la rivière aux Outardes sur la rive nord du Saint-Laurent et le marais du barachois de la Malbaie au fond de la Baie de Malbaie en Gaspésie semblent eux aussi avoir un caractère organique si on se fie à la photo-interprétation où on a reconnu la présence de tourbières à leur marge externe. Ces marais seraient donc endroits à privilégier pour la formation de mares et la plantation de Ruppia mais seulement après que des données de terrain (relevés de végétation et de sols) aient confirmé le caractère organique et mal drainé.

Les plantations de ruppie maritime devraient réussir si les conditions qui lui sont favorables sont apportées et maintenues (Setchell, 1946) dans les marais. Muenscher (1967) suggère de planter les graines au printemps évitant ainsi qu'elles ne soient transportées à l'automne par les grandes marées, les vents ou encore en hiver par le pied de glace.

4.3.2 Contexte hydro-géomorphologique

La présence d'une tranche d'eau minimale à l'intérieur des mares est une condition essentielle au maintien et au développement de ruppie. Les fluctuations et le renouvellement de cette tranche d'eau sont assujetties à un gradient hydraulique lui-même régi par les précipitations locales, les apports marégraphiques et les fluctuations de la nappe phréatique. La porosité et la perméabilité du substrat du marais sont donc des facteurs importants à considérer. Par exemple, dans un sédiment perméable, la nappe phréatique peut s'élever jusqu'au point de suinter à la surface du marais pendant la période des grandes marées.

Les fluctuations verticales de la nappe phréatique sont associées en grande partie au jeu des marées locales. Dans ce cas les principaux agents déterminants sont:

- le marnage en périodes de vives et de mortes-eaux,
- la durée de la marée,

- la distance de la mare par rapport à la mer,
- la microtopographie de la surface, etc.

Plus spécifiquement dans l'optique de la création de mares on devra tenir compte de l'organisation du réseau hydrographique du marais. Le calibre des différents chenaux de marée devront être connus (longueur, largeur, pente, rugosité, etc), les canaux agricoles identifiés et la vitesse des courants de marée devra être mesurée pour déterminer la capacité du débit des chenaux à un endroit particulier dans le marais choisi par la création de mares. De plus, la connaissance des courants dans les chenaux de marée permettra de définir un calibre optimal compte tenues des possibilités d'érosion des faces latérales des chenaux et du débit souhaité pour, remplir les nouvelles mares.

Les principales caractéristiques hydrauliques associées à la création d'une mare reliée à la mer concerne l'écoulement de la marée à travers un canal ou un chenal de marée. On peut considérer que la variation du niveau d'eau dans la mare suivra la variation du niveau à l'extérieur de celle-ci. A chaque instant, l'écoulement dans le chenal de marée au canal dépendra principalement de la différence de niveau entre la mare et la mer.

La mise en place d'une mare artificielle reliée à la mer devra suivre une certaine planification. Celle-ci sera basée avant tout sur des considérations hydrauliques qui permettront de maintenir une profondeur désirée de la tranche d'eau dans la mare. Le contrôle de cette tranche d'eau dépendra des paramètres suivants:

- 1- aire de la section d'écoulement du canal,
- 2- rayon hydraulique de la section du canal,
- 3- le coefficient global de pertes de charge dans le canal,
- 4- le coefficient de frottement,
- 5- le coefficient de fréquence,
- 6- le coefficient adimensionnel,

- 7- le rapport des marnages entre l'extérieur et l'intérieur de la mare,
- 8- le déphasage, s'il y a lieu, de la marée entre l'extérieur et l'intérieur de la mare,
- 9- la vitesse moyenne maximale de l'écoulement dans le canal,
- 10- le marnage de la marée dans la mare,
- 11- le prisme de marée dans la mare.

La solution du système est fournie par une série d'équations. La réponse à la solution du système hydraulique permettra en outre de déterminer le taux de renouvellement des eaux de la mare, le niveau qui sera atteint dans la mare, en utilisant ou non un seuil et le calibre optimal du canal.

L'utilisation d'une simple calculatrice de poche (HP-15C) devrait permettre d'approximer la solution du système et de fournir le design optimal dans la relation mare-canal-mer. D'autre part, le colmatage de l'entrée du canal par des radeaux de végétation devra faire l'objet d'une vérification à la fin de chaque printemps.

5.0 RECOMMANDATIONS

Toute intervention de restauration ou d'aménagement sur les marais littoraux devra se faire à partir d'une démarche écologique en raison de l'exceptionnelle fragilité de ces milieux. Les facteurs principaux que nous avons identifiés dans ce travail, peuvent être isolés au sein d'un réseau fort complexe de liaisons. On devra distinguer des actions, des interactions et des rétroactions.

En pratique, chaque marais où des travaux de création de mares artificielles sont projetés devra faire l'objet d'une documentation minimale concernant la dynamique littorale du lieu. Même si la dynamique littorale résulte d'un réseau fort complexe de liaisons entre différents paramètres hydro-géomorphologiques, en pratique les facteurs principaux peuvent être isolés. Ce sont, pour les parties intertidales, les facteurs suivants:

- Facteurs inertes: topographie régionale
 - matériel- affleurements rocheux
 - granulométrie sédimentaire
- Facteurs agents: marins
 - houles
 - courants
 - marée
- éoliens - vent
- biotiques
 - flore
 - faune
 - larve

Le rôle de ces facteurs est très varié selon les situations géographiques. A titre d'exemple, le bâti structural détermine la plus ou moins grande exposition de la côte alors que l'ambiance sédimentaire, qui comprend à la fois la nature du matériel et sa plus ou moins grande abondance, aura de grandes conséquences géomorphologiques sur le choix des sites de création de mares. En établissant le rôle, même semi-quantitatif, des différents facteurs pour chaque marais, nous serons en mesure de déterminer les marais les plus aptes à supporter des aménagements physiques tel que la création de mares artificielles.

De plus, une bonne connaissance de ces facteurs permettra d'établir le calibre (longueur, largeur et profondeur) des mares artificielles, leur

orientation, leur portions dans le marais, leur forme, ainsi que leur proportions à être colonisée par la ruppie maritime. Il s'agit là de variables qui sont indispensables à l'élaboration du devis des travaux de création de mares artificielles.

Une grande partie de ces données de base peuvent être colligées à partir d'études déjà réalisées. Les données manquantes pourraient être raisonnablement évaluées par photo-interprétation ou par un relevé écogéomorphologique minimal de terrain. Cette manière de procéder offre le double avantage de réduire les coûts reliés à des études de faisabilité et d'optimiser le choix des sites de création de mares en diminuant les risques environnementaux associés à de tels types d'interventions.

Plus spécifiquement, nous recommandons que les études suivantes soient réalisées pour chaque marais visé par des projets de restauration:

- Inventaire écologique: relevé détaillé des sols et de la végétation des secteurs visés.
- Physico-chimique: suivi des principaux paramètres (O_2 , T° , %, turbidité, pH) des eaux cotières, interstitielles et des mares.
- Hydraulique:
 - fluctuations de la nappe phréatique,
 - calibre des mares et des chenaux de marée,
 - modélisation des gradients hydriques de nouvelles mares.
- Géomorphologique:
 - dynamique littorale de chaque site,
 - position topographique des mares,
 - morphologie des mares.
- Botanique:
 - viabilité des graines et des individus de ruppie maritime dans les mares en fonction des paramètres écologiques du milieu.

BIBLIOGRAPHIE

- Allard, M. (1981) L'anse-aux-Canards, Ile d'Orléans, Québec: évolution holocène et dynamique actuelle. Géogr. phys. et quat., 35(2): 133-154.
- Anderson, R.R. (1969) Temperature and rooted aquatic plants Ches. Science, 10: 157-164.
- Anderson, R.R. (1970) The submerged vegetation of Chincoteague Bay. In: Assateague Ecological Studies, part 1. Environmental Information. Nat. Res. Inst. Univ. Maryland, Contrib. 446: 136-155.
- Bertrand, P. (1984) Le secteur côtier Cacouna - Isle-Verte: étude géomorphologique et classification des sols. Université Laval, Département de Géographie, thèse (M.A.) non publiée, 253 p.
- Bertrand, P., Garneau, M. et Jurdant, M. (1983) Carte écologique du secteur côtier Cacouna - Isle-Verte et notice explicative. Serv. Can. faune, Environnement Canada, 86 p.
- Bourn, W.S. (1935) Sea-water tolerance of Ruppia maritima L. Boyce Thompson Inst. Contrib. 7: 249-255.
- Boyd, C.E. (1975) Competition for light by aquatic plants in fish ponds. Auburn Univ. Agr. Exp. Sta. Circ. 215, 19 p.
- Butler, J.L. (1963) Temperature relations in shallow turbid ponds. Proc. Okla. Acad. Sci., 43: 90-95.
- Cailleux, A. et Hamelin, L.-E. (1968) Périglaciaire actuel sur le littoral du Bic (Bas Saint-Laurent). Cah. Géogr. Québec, 23: 361-378.
- Chapman, V.J. (1960) Salt marshes and salt deserts of the world. Leonard Hill, London, 392 p.
- Chapman, V.J. (1964) Coastal vegetation. Pergamon Press, the McMillan Co., New York, 244 p.
- Conard, H.S. (1924) Second survey of the vegetation of Long Island salt marsh. Ecology, 5: 379-388.
- Conover, J.T. (1958) Seasonal growth of benthic marine plants as related to environmental factors in an estuary. Texas Univ. Inst. Mar. Sci. Pub. 5: 97-147.
- Conover, J.T. (1964) The ecology, seasonal periodicity, and distribution of benthic plants in some Texas lagoons. Bot. Mar. 7:4-41.
- Conover, J.T. (1966) The importance of natural diffusion gradients and transport of substance related to benthic marine plant metabolism. In: Tech. Rept. No 3. Environmental relationships of benthos in salt ponds. Grad. Sch. Oceanography, Univ. Rhode Island.

- Conover, J.T. et Gough, E. (1966) The importance of stem and leaf vs root assimilation in Ruppia maritima L. and Zostera marina related to seasonal growth In: Tech. Rept. No 3. Environmental relationships of benthos in salt ponds. Grad. Sch. Oceanography, Univ. Rhode Island.
- Dallery, F. (1955) Les rivages de la Somme. Mém. Soc. ém. hist. litt. d'Abbeville, A. J. Picart, Paris, 308 p.
- Dionne, J.-C. (1968) Schorre morphology on the south shore of the St. Lawrence estuary. Am. Jour. Sci., 266: 380-388.
- Dionne, J.-C. (1969) Érosion glacielle littorale, estuaire du Saint-Laurent. Rev. Géogr. Montréal, 23: 5-20.
- Dionne, J.-C. (1970) Aspects morpho-sédimentologiques du glacier, en particulier des côtes du Saint-Laurent. Min. Pêches et Forêts, Lab. Rech. Forestière, Sainte-Foy, rapport Q-F-X-9, 324 p.
- Dionne, J.-C. (1972) Caractéristiques des schorres des régions froides de l'estuaire du Saint-Laurent. Zeits. für Geomorphologie, N.F., Suppl. Bd. 13: 131-162.
- Dionne, J.-C. (1985) Tidal marsh erosion by geese, St. Lawrence estuary, Québec. Géogr. phys. et quat., 34(1): 99-105.
- Dryade, Le Groupe (1980) Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Rapport présenté au Service Canadien de la Faune, Environnement Canada, Région de Québec, 66 p.
- Fernald, M.L. (1950) Gray's Manual of Botany. American Book Co., Boston, 8e édition, 1632 p.
- Fernald, H.J. et Wiegand, K.M. (1914) The Genus Ruppia in Eastern North America. Rhodora, 16: 119-127.
- Frey, R.N. et Basan, P.B. (1978) Coastal salt marshes in coastal sedimentary environments. R.A. Davis Jr. (éd), Springer-Verlag, New York, 420 p.
- Garneau, M. (1984) Cartographie et phyto-écologie du territoire côtier Cacouna - Isle-Verte. Université Laval, Département de géographie, thèse de maîtrise (M.A.) non publiée, 382 p.
- Gauthier, B. (1978) Détermination de la slikke et application du benthos laurentin, Isle-Verte, Québec. Géogr. phys. quat., 22(4): 333-349.
- Gauthier, B. (1980) Les limites phytogéographiques du Saint-Laurent. Provencheria, no 1, mém. de l'Herbier Louis-Marie, Fac. Sci. Agri. et Alim., Univer. Laval, Québec, 103 p.
- Gauthier, B. (1982) Étagement des plantes vasculaires en milieu saumâtre, estuaire du Saint-Laurent. Nat. can., 109(2): 189-203.

- Gauthier, B. et Boudreault, R. (1980) Les caches: observations et essai de classification. Québec chasse et pêche, 17: 63-66.
- Gauthier, B. et Goudreau, M. (1983) Mares glacielles et non glacielles dans le marais salé de l'Isle-Verte, estuaire du Saint-Laurent, Québec. Géogr. phys. et quat., 37(1): 49-66.
- Glooschenko, W.A. (1978) Above-ground biomass of vascular plants in a subarctic James Bay salt marsh. Can. Field Naturalist, 92: 30-37.
- Grandtner, M.M. (1975) Les marais salés du Parc National Forillon, Québec, Canada. Comm. Coll. phytosoc. internat. Lill., 4: 171-179.
- Guilcher, A. et Berthois, L. (1957) Cinq années d'observations sédimentologiques dans quatre estuaires témoins de l'Ouest de la Bretagne. Rev. Géomorph. dynamique, 8: 67-86.
- Hamelin, L-E. et Cailleux, A. (1966) Le marais troué, forme nouvelle de marais littoral. Comptes Rendus Acad. Sc. Paris, 262: 540-543.
- Harshberger, J.W. (1909) The vegetation of the salt marshes and the salt and fresh water ponds of Northern coastal New Jersey. Proc. Acad. Nat. Sc. Philo.: 373-400.
- Harshberger, J.W. (1916) The origin and vegetation of salt marsh pools. Amer. philo. Soc. Proc., 55: 481-484.
- Hellquist, C.B. et Crow, G.E. (1980) Aquatic vascular plants of New England. Part 1. Zosteraceae, Potamogetonaceae, Zannichelliaceae, Najadaceae. Agriculture Experiment. Station. Univ. New Hampshire, Durham, New Hampshire, Station Bulletin 515, 68 p.
- Hulten, E. (1958) The amphi-atlantic plants and their phytogeographical connections. Almquist et Wiksell, Stockholm.
- Hulten, E. (1964) The circumpolar plants. Vol. 1. Vascular cryptograms, conifers, monocotyledons. Almquist et Wiksell, Stockholm.
- Hutchinson, J. (1934) The families of flowering plants. II. Monocotyledons. Macmillan and Co. Ltd., London, 243 p.
- Hutchinson, J. (1959) The families of flowering plants. 2nd ed. Clarendon Press, Oxford, 792 p.
- Jefferies, R.L., Jensen, A. et Abraham, K.F. (1979) Vegetational development and the effect of geese on vegetation of La Perousse Bay, Manitoba. Can. Jour. Bot., 57: 1439-1450.
- Joanen, J.T. (1964) A study of factors that influence the establishment of natural and artificial strands of wigeon-grass, Ruppia maritima L. on Rockefeller Refuge, Cameron Parish, Louisiana. M.S. Thesis Louisiana State Univ., Baton Rouge, 63 p.

- Johnson, D.S. et York, H.H. (1915) The relation of plants to tide-levels. Canergie Inst. Washington, Publ. 206, 162 p.
- Kaye, C.A. et Barghoorn (1964) Late quaternary sea-level change and crustal rise at Boston, Massachusetts, with notes on autocompaction of peat. Geol. soc. Amer. Bull., 75: 68-80.
- Kesel, R.H. et Smith, J.S. (1978) Tidal creek and pan formation in intertidal salt marshes. Scot. Geogr. Magazine, 94: 159-168.
- Le Gallo, Père C. (1954) Les plantes vasculaires des Iles Saint-Pierre et Miquelon. Nat. Can., 81(5): 105-132.
- Marie-Victorin, Fr. (1964) Flore laurentienne. 2e édition. Les presses de l'Univ. de Montréal, Montréal, Québec. 925 p.
- Massart, J. (1907) Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Lamentin, Bruxelles, 584 p.
- Mayer, F.L. jr. (1967) The effect of salinity on growth and reproduction of Ruppia maritima L. M.S. Thesis, Utah State Univ., 66 p.
- Mayer, F.L. jr. (1969) Influence of salinity on fruit size in Ruppia maritima L. Proc. Utah Acad. Sci. Arts and Letters, 46: 140-143.
- McKay, E. (1935) Salt tolerance of Ruppia maritima in lakes of high magnesium sulphate content. Plant Phys., 10: 425-446.
- Miller, W.R. et Egler, F.E. (1950) Vegetation of the Wequatequock - Pawatuck tidal marshes, Connecticut. Ecol. Monogr., 20: 143-172.
- McLaughlin, E.G. (1974) Autecological studies of three species of Collitriche native in California. Ecol. Monogr., 44: 1-16.
- Muenschler, W.C. (1967) Aquatic plants of the United States. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, 374 p.
- Nicol, E.A.T. (1935) The ecology of a salt-marsh. Journ. Mar. Biol. Ass. U.K., 20: 203-261.
- Nixon, S.W. et Oviatt, C.A. (1973) Ecology of a New England salt marsh. Ecol. Monogr., 43: 463-498.
- Odum, E.P. (1976) Écologie. Québec, Les Éditions HRW, 254 p.
- Pethick, J.S. (1974) The distribution of salt pans on tidal salt marshes. Jour. Biogeogr., 1: 69-77.
- Poslunsgny, U. et Sattler, U. (1974) Floral development of Ruppia maritima var. maritima. Can. Jour. Bot., 52: 1607-1612.

- Quilliam, L. (1987) Évolution récente et dynamique écologique actuelle du marais littoral à Saint-Joseph-de-la-Rive, Charlevoix. Université Laval, Département de Géographie, thèse de maîtrise (M.A.) non publiée, 142 p.
- Redfield, A.C. (1972) Development of a New England salt marsh. Ecol. Monogr., 42: 201-237.
- Reed, A. et Moisan, G. (1971) The Spartina tidal marshes of the Saint Lawrence estuary and their importance to aquatic birds. Nat. can., 98: 905-922.
- Richardson, F.D. (1980) Ecology of Ruppia maritima L. in New Hampshire (U.S.A.) tidal marshes. Rhodora, 82: 403-439.
- Robitaille, J.A., Y. Vigneault, G. Shooner, C. Pomerleau et Y. Mailhot (1988) Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales. Rapp. tech.can.haliut.aquat. 1608: v + 45 p.
- Roland, A.E. et Smith, E.C. (1969) Flora of Nova Scotia. Nova Scotia Museum, Halifax, Nova Scotia, 748 p.
- Rousseau, C. (1974) Géographie floristique du Québec/Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires. Presses de l'Univ. Laval, Québec, 799 p.
- Scoggan, H.J. (1950) Flora of Bic and the Gaspé Peninsula, Quebec. Can. Nat. Mus., Bull. 115.
- Scoggan, H.J. (1978) The Flora of Canada. Musées Nationaux du Canada, Ottawa.
- Sculthorpe, C.D. (1967) The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold Ltd., London, 610 p.
- Setchell, W.A. (1924) Ruppia and its environmental factors. Proc. Nat. Acad. Sci., 10: 286-288.
- Setchell, W.A. (1946) The genus Ruppia. Proc. Calif. Acad. Sci., 25: 469-478.
- Smith, J.S. (1979) A new method of salt pan formation in intertidal marshes. Trans. Bot. Soc. Edinb., 43: 127-130.
- Steers, J.A. (1948) The coastlines of England and Wales. Cambridge Univ. Press, 644 p.
- Steers, J.A. (1953) The sea coast. Collins, London, 276 p.
- Tansley, A.G. (1939) The British Islands and their vegetation. Cambridge Univ. Press, 930 p.

- Taylor, N. (1938) A preliminary report on the salt marsh vegetation of Long Island. Bull. N.Y. State Museum, 316: 21-84.
- Turmel, J.M. (1958) Écologie des prés-salés: morphologie, circulation et salinité des eaux. Bull. Lab. Mar. Dinard, 42: 41-49.
- Tyler, G. (1969) Regional aspects of Baltic shore-meadow vegetation. Vegetatio, 19: 60-86.
- Uhl, N.W. (1947) Studies in the floral morphology and anatomy of certain members of helobiae. Ph. D. Thesis. Cornell University, 107 p. et figures.
- Van Straaten, L.M.S.V. (1954) Composition and structure of recent marine sediment in Netherlands. Leid. Geol. Meded., 919: 1-110.
- Vergier, F. (1968) Marais et Wadden du littoral français: étude géomorphologique. Bordeaux, Biscaye et Frères, 526 p.
- Verhoeven, J.T.A. (1975) Ruppia-communities in the Carmaque, France. Distribution and structure in relation to salinity and salinity fluctuations. Aquat. Bot., 1: 217-241.
- Verhoeven, J.T.A. et Vierssen, W. Van (1978) Distribution and structure of communities dominated by *Ruppia*, *Zostera* and *Potamogeton* species in the inland waters of "De Bol", Texel, The Netherlands. Estuarine and Coastal Marine Science, 6: 417-428.
- Warming, E. (1904) Bidrag till vadersnes, sandenes of marskens natur-historie Copenhagen. Det. Kongelige Danoke Videnskab. Selsk. Skrift, 7e ser., 2: 1-56.
- Yapp, R.H., John, D. et Jones, D.T. (1917) The salt marshes of the Dovey estuary, Jour. Ecol., 5: 65-103.
- Young, N.F. et Zimmerman, J.R. (1956) Variations in temperature in small aquatic situations. Ecology, 37: 609-611.

ANNEXE I

SUPERFICIES (HA) SELON LA VÉGÉTATION, LES ZONES
ET LES CLASSES DE MARES.

Carte no	Zone	Superficie de herbaie salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
7 N	1		3,0						
	2	3,8	7,4						
	6		7,1	6,0					
	7		37,6	47,6	8,8				
	*8		8,9	35,0					
8 N	4		18,1	8,6					
	Tota:		3,8	82,1	97,2	8,8	--	--	--

Total (hs): 191,9

Total (se): ---

* zone avec mare de 0,5 ha ou plus.

Grand total: 191,9

Carteno	Zone	Superficie de herbacée salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
9 NA	1		1,0						
	4		1,5						
9 NB	1			4,1					
	5			34,1	56,6				
	6		2,5						
	7		18,2	2,0					
Total:		--	23,2	40,2	56,6	--	--	--	--

Total (hs): 120,0

Total (se): ---

Grand total: 120,0

Pls
Out
Baie
Comeau

Carte no.	Zone	Superficie de herbacée salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
12 M	1		2,5						
	2		7,7						
	3	2,3	3,4						
Total:		2,3	13,6	---	---	---	---	---	---

Total (hs): 15,9

Total (se): ---

Grand total: 15,9

Cartons	Zone	Superficie de herbaie salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
1 SA	1	1,7(h)	3,6(h)			0,5(sc)			
	2	22,2(h)							
	4					4,9	2,1	11,3	4,8
	5	8,8(h)	23,1(h)	3,9(h)		(sc)	(sc)		
	6		9,9						
	7	9,9	19,3						
	8		48,6						
	9		13,3						
			42,6	27,8	3,9				
		hs: 9,9	91,1	0					
1 SB	2						11,2		
	3	9,8							
	4					4,1	3,1		
	9		2,0		1,7		2,0		1,7
	12	1,0	5,1		5,2	0,7	3,3		3,4
	13	17,0							
	15			3,8					
	16						10,4	19,9	14,1
17	4,3	15,8	0,5	3,9					
18		13,3		22,3					
		32,1	36,2	4,3					

Aux
8e

Aux St-Denis

baie
Kam.

Total: 32,7(h) 26,7(h) 3,9(h) 33,1(h) sc: 5,4 sc: 11,3 19,9 19,2
 42,0(hs) 127,3(hs) 4,3(hs) sé: 6,9 sé: 34,8 sé 16,7 97,5
 74,7 154,0 8,2 12,3 46,1 Total[sc]: 80,8
 Total(hs): 206,7
 (h) 63,3
 Total : 270,0
 Grandtotal: 367,5

Carteno	Zone	Superficie de herbaçie salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
3 S	2							1,7	11,0
	3	2,8	17,4	6,8		1,8	5,8		
	4			1,4				2,2	
	5	0,7	8,8	1,5		0,5	5,8	0,9	
	11		1,1						
	12		0,9						
	14	1,8							
Total:		5,3	28,2	9,7	--	2,3	11,6	4,8	11,0

Total(hs): 43,2

Total(se): 29,7

Grandtotal: 72,9

Carte no:	Zone	Superficie de herbacée salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)				
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4	
4 SA	2		4,6				1,9			
	3		9,4				2,3			
	4								10,6	
	6		14,5							
	7		4,0							
	8		6,2		9,4					
	10			4,5				10,6		
	12			18,2	6,3					
	13	3,8	19,6	6,5						
	15								39,7	
	16		43,0	7,4						
			119,5	24,7		0	4,2	10,6	50,3	
	4 SB	2						14,8	6,9	6,3
		3		20,4						
		5							1,4	11,4
		6		6,4	8,3					
*8								26,2	115,2	
9			82,8							
12							2,3	6,4		
13		2,0	18,3							
14								10,9		
15								27,0	23,8	
16			55,7	14,7	10,6					
17			5,2					3,5		
18			3,2							
19			1,3					2,0	6,5	
20		7,8								
22			6,6					9,8		
Total:		5,8	320,6	54,3	20,0	--	26,8	105,7	207,0	

Total (hs): 400,7

Total (se): 339,5

* zone avec mare de 0,5 ha ou plus.

Grand total: 740,2

Carteno	Zone	Superficie de herbacée salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)				
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4	
Anse Original Oléon	6 S									
		2								
		3		4,3	3,0					
		7	5,6	5,3						
Total:		5,6	9,6	3,0	--	--	--	--	--	10,7

Total(hs): 18,2

Total(se): 10,7

Grandtotal: 28,9

Carte no	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
10	1	0,7	7,2	5,4					
	2	8,2	60,2	34,1					
	3	1,1	13,2	10,7	5,1				
	4		27,5						
	5		2,3						
Total:		10,0	116,8	50,2	5,1	--	--	--	--

Total(hs): 182,1

Total(se): --

Grandtotal: 182,1

Carte no	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
12	1		12,9						
	2	7,6							
	3		2,2						
	4		6,4						
	5		1,7						
	6	0,7							
	7		8,2	1,8					
	8		9,1	0,7					
	9	6,6	4,2	0,8					
	10		4,9						
Total:		14,9	49,6	3,3	--	--	--	--	--

Carte no	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
13 A	2	2,7							
	3		9,5						
	4		2,2						
	5		1,2						
	6	2,6							
	13 B	1	4,7	4,4					
	2		12,3	3,0					
	3			3,5					
	4			5,8					
	5	1,3							
	6		5,7						
Total:		11,3	35,3	12,3	--	--	--	--	--

beaucoup de
cours
à l'ouest

Total (hs): 58,9

Total (se): ---

Grand total: 58,9

Carte no	Zone	Superficie de herbacée salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
14	1	2,6	8,2						
	*2	5,8	29,4	22,6					
Total:		8,4	37,6	22,6	--	--	--	--	--

Total(hs): 68,6

Total(se): ---

* zone avec mare de 0,5 ha ou plus.

Grand total: 68,6

Carteno	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
15 A	2	3,5							
	3	6,5	1,7						
	4	2,5	4,2						
	5	5,8	1,1						
15 B	1	4,1							
	2		7,0						
	3		10,9						
Total:		22,4	24,9	--	--	--	--	--	--

See column

Total (hs): 47,3

Total (se): ---

Grand total: 47,3

Carte no	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
16	1		3,4						
	2		7,7						
	3		1,0						
	4		2,6						
Total:		--	14,7	--	--	--	--	--	--

Total (hs): -- Grand total: 14,7

Total (se): --

Riv. Nouvelle
St. Omer
Myriade

Carte no	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
17	1		63,9				9,1		
	3		3,4						
	4	5,5							
	5		13,7						
					2,9				
	20								
	0								
Total:		5,5	81,0	2,9	--	--	9,1	--	--

Total (hs): 89,4

Total (se): 9,1

Grand total: 98,5

Carteno	Zone	Superficie de herbage salée (hectare)				Superficie de spartine étalée (hectare)			
		m1	m2	m3	m4	m1	m2	m3	m4
19	1						4,0		
	3		4,7						
	4	67,2	11,0						
	5			16,0	9,5				
	7							11,3	
	8	30,1	4,3						
	9	24,5							
	10	28,6	10,0						
	11							6,9	
	15			4,5					
Total:		150,4	30,0	20,5	9,5	--	4,0	18,2	--

Coste
PK
PK

