

**ÉCOLOGIE
ET PROPAGATION
DU SCIRPE AMÉRICAIN**



QK
938
.C6
G57

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 002 368

Environnement
Canada

Service canadien
de la faune

Environment
Canada

Canadian Wildlife
Service

**ÉCOLOGIE
ET PROPAGATION
DU SCIRPE AMÉRICAIN**

Rapport présenté au
Service canadien de la Faune
Environnement Canada

par

JEAN-FRANÇOIS GIROUX

Université du Québec à Montréal
Département des sciences biologiques
C.P. 8888, Succursale A,
Montréal, Québec,
H3C 3P8

AVERTISSEMENT

Ce rapport présente des données non publiées

NE PAS CITER CES DONNÉES

SANS LA PERMISSION PRÉALABLE DE L'AUTEUR

RÉSUMÉ

Les marais dominés par *Scirpus americanus* jouent un rôle important dans le fonctionnement de l'estuaire du Saint-Laurent. Malheureusement, une portion importante de cet habitat a disparu suite à la construction de routes, marinas et remblayages divers. Il est donc opportun de se doter d'outils d'aménagement qui permettraient de restaurer des marais dégradés et même d'en créer des nouveaux. L'objectif de ce travail est de faire d'abord une mise à jour des connaissances sur *Scirpus americanus* puis d'évaluer différentes techniques de propagation.

Scirpus americanus se retrouve en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Europe de l'Ouest. Au Québec, l'ensemble des marais à scirpe recouvrent plus de 5,800 ha avec près des deux tiers localisés en aval de Québec soit le long du chenal nord de l'île d'Orléans, sur les battures de Cap Tourmente, autour des îles de Montmagny et le long de la rive sud de Saint-Vallier à Saint-Jean-Port-Joli.

Le scirpe américain se reproduit surtout de façon végétative par rejets des rhizomes. Dans les marais de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, moins de 3 % des tiges sont des semis provenant de la germination d'une graine. *Scirpus americanus* est une plante relativement productive. On retrouve en moyenne 640 tiges/m² à la fin de l'été ce qui représente approximativement 190 g/m² de phytomasse aérienne et 450 g/m² de phytomasse souterraine à l'automne. Une caractéristique propre des marais à scirpe, cependant, est la grande variabilité de la production entre les marais et à l'intérieur d'un même marais.

La productivité totale atteint des valeurs maximales lorsque le sol contient un pourcentage élevé de sable, soit entre 50 et 70%. Les éléments nutritifs (N et P) contenus dans les sédiments sont importants pour *Scirpus americanus* mais on ne sait pas si ce sont des facteurs limitants. La salinité de l'eau joue également un rôle dans la distribution de la plante et une valeur moyenne située entre 0 et 5‰ représente probablement des conditions optimales. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, la phytomasse aérienne est maximale entre 2.8 et 4.5 m d'élévation marégraphique ce qui représente entre 21 et 50% de temps de submersion.

Scirpus americanus est la principale source de nourriture pour les oies blanches qui s'arrêtent le long du fleuve Saint-Laurent à l'automne et au printemps. Dans certains cas, cette utilisation par les oies cause une diminution de la production subséquente. Par contre, les marais à scirpe récupèrent rapidement si le broutement par les oies est diminué ou éliminé.

A notre connaissance, aucun projet d'envergure n'a été réalisé pour rétablir ou créer un marais à scirpe. Les techniques de propagation incluent l'ensemencement, la transplantation de plants produits commercialement, la transplantation de rhizomes avec ou sans substrat et la transplantation de plants incluant tiges et rhizomes avec ou sans sol. Les coûts directs de chaque technique varient entre \$6,500 et

\$21,500/ha et même jusqu'à \$40,000 si on inclue les frais indirects. Le succès potentiel de chaque technique est aussi variable et très approximatif. En fait, on estime qu'un marais pourrait être établi en 4-6 ans.

Il est présentement difficile d'établir un scénario qui serait à la fois efficace et économiquement réalisable. Cependant, la transplantation de rhizomes nous apparaît la technique la plus prometteuse. La fertilisation des sites de transplantation est recommandée pour accélérer l'établissement de la végétation. Dans certains cas, on devra prévoir un mécanisme pour empêcher les oies de brouter dans les sites nouvellement établis.

Il est essentiel d'entreprendre des études le plus tôt possible pour évaluer l'efficacité et les coûts des différentes techniques proposées dans ce document. La création de marais à scirpe s'avère une stratégie dispendieuse pour améliorer les milieux humides le long-du fleuve Saint-Laurent. Par contre, le rétablissement de marais détruits par les activités humaines ne devrait pas être soumis à cette contrainte monétaire. Lorsque l'idée du pollueur-payeur sera acceptée universellement, il sera nécessaire de disposer des meilleures techniques pour restaurer les marais à scirpe du Saint-Laurent.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1. Localisation des principaux marais dominés
par *Scirpus americanus* au Québec (Tiré de
Dignard 1990) 4
- Figure 2. Relation entre la masse initiale d'un rhizome
(X) et sa masse finale (Y)/m² après une saison
de croissance 16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Superficie approximative des marais dominés par <i>Scirpus americanus</i> au Québec	5
Tableau 2.	Importance relative de la reproduction sexuée et végétative chez <i>Scirpus americanus</i> dans les marais de Montmagny et Cap Saint-Ignace en 1984 ..	6
Tableau 3.	Pourcentage de tiges de <i>Scirpus americanus</i> portant une inflorescence à Montmagny et Cap Saint-Ignace en 1984	7
Tableau 4.	Pourcentage d'inflorescences fertiles et nombre moyen d'achaines par infrutescence pour <i>Scirpus americanus</i> dans les marais de Montmagny, 1984 et Cap Saint-Ignace, 1982	8
Tableau 5.	Pourcentage de germination de <i>Scirpus americanus</i> en fonction des sites de collection et d'ensemencement à Montmagny et Cap Saint-Ignace, 1984	9
Tableau 6.	Productivité aérienne de <i>Scirpus americanus</i> à différents sites	13
Tableau 7.	Nombre et hauteur des tiges de <i>Scirpus americanus</i> à différents sites	14
Tableau 8.	Productivité souterraine de <i>Scirpus americanus</i> à différents sites	15
Tableau 9.	Élévations et pourcentage de temps de submersion pour <i>Scirpus americanus</i> dans différents marais ...	22
Tableau 10.	Liste des chercheurs qui ont expérimenté différentes techniques de propagation de <i>Scirpus americanus</i>	28
Tableau 11.	Relations empiriques entre la masse fraîche (g), la masse sèche (g), la longueur (cm) et le nombre de bourgeons des rhizomes de <i>Scirpus americanus</i>	36
Tableau 12.	Coûts et succès potentiel de différentes méthodes proposées pour établir un marais à scirpe dans l'estuaire du Saint-Laurent	55

1- INTRODUCTION

Les marais à scirpe de l'estuaire du Saint-Laurent jouent un rôle important dans le fonctionnement de cet écosystème. On n'a qu'à penser à la présence de milliers d'oies blanches qui s'y arrêtent chaque printemps et automne au grand plaisir des observateurs et chasseurs (Giroux et Bédard 1988a). Un rôle moins apparent mais tout aussi important de ces marais est le recyclage des éléments nutritifs et des métaux lourds ainsi que l'exportation de matière organique vers l'estuaire maritime (Carbonneau et Tremblay 1972; Deschênes et Sérodes 1986; Gilbert 1990a; Giroux, obs. pers.).

Malheureusement, une portion importante de ces marais ont disparu suite à la construction de routes, marinas et remblayages divers (Anon. 1980). Le broutement par les oies a aussi réduit la productivité de certains marais (Giroux et Bédard 1987a). Finalement, le milieu est très susceptible aux déversements d'hydrocarbures. Il serait donc opportun de se doter d'outils d'aménagement qui permettraient de restaurer des marais dégradés et même de créer de nouveaux marais. On assume qu'une fois la végétation dominante rétablie dans un marais, les autres espèces de plantes et d'animaux caractéristiques de ce milieu reviendront (Broome et coll. 1988).

Le premier objectif de ce travail est de faire une mise à jour des connaissances sur *Scirpus americanus*. Nous allons d'abord revoir sa distribution en considérant certains aspects taxonomiques, évaluer l'importance relative des différents modes de reproduction et comparer

la productivité de cette plante dans différents milieux. Nous allons aussi étudier les principaux facteurs qui influencent la distribution et la croissance de *Scirpus americanus* dans un marais. Finalement, une brève revue de l'importance de cette plante pour la faune complétera cette section.

Le second objectif est d'évaluer différentes techniques de propagation de *Scirpus americanus* en vue de la restauration ou de la création de marais. Différentes méthodes de récolte, conservation et de transplantation seront comparées en tenant compte du succès potentiel, de l'effort et des coûts impliqués.

Un plan d'intervention en milieu naturel sera ensuite proposé en considérant les sites propices à la récolte situés le long du fleuve Saint-Laurent. L'impact possible des interventions sur la production subséquente de *Scirpus americanus* dans les sites de prélèvement sera aussi discuté. Enfin, le rôle des oies blanches dans le succès d'intervention sera considéré et les méthodes disponibles pour diminuer leur impact seront suggérées.

Ce travail représente un premier effort en vue de la restauration et de la création de marais à scirpe le long du fleuve Saint-Laurent. L'information présentée dans ce document constituera un outil de base essentiel qui servira à l'élaboration de travaux futurs concernant l'établissement de *Scirpus americanus* en milieu naturel.

2- DISTRIBUTION ET ÉCOLOGIE

2.1- TAXONOMIE ET DISTRIBUTION

L'opinion des taxonomistes varie en ce qui a trait à la toponymie du scirpe américain. Koyama (1963) considère que *Scirpus americanus* représente un complexe de taxons très variables. Il estime que *Scirpus americanus* Pers est conspécifique à *Scirpus pungens* Vahl et il le classifie en deux sous-espèces et trois variétés. Il mentionne aussi que *Scirpus Olneyi* Gray ressemble beaucoup à *Scirpus americanus* qui se distingue de la première espèce par une plus grosse achaine.

De son côté, Schuyler (1974) considère que les plantes habituellement traitées comme *Scirpus americanus* Pers. représentent plutôt *Scirpus pungens* Vahl et que les plantes identifiées comme *Scirpus Olneyi* Gray sont en fait *Scirpus americanus* Pers. A notre connaissance, seulement Brind'Amour et Lavoie (1983) ont adopté la nomenclature de Schuyler (1974). Pour le présent travail, nous avons conservé le nom *Scirpus americanus* Pers. en raison de son utilisation répandue. La grande ressemblance entre *Scirpus americanus* et *Scirpus Olneyi* nous permet d'extrapoler les résultats des travaux effectués sur l'une ou l'autre des deux espèces (S. Broome, comm. pers.). Il est clair qu'une étude taxonomique basée sur les nouvelles techniques de biologie moléculaire serait intéressante.

Scirpus americanus se distribue en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Europe de l'Ouest (Koyama 1963). En Amérique du Nord, on le rencontre en milieux d'eau douce, saumâtre ou salée, tant le long des

côtes de l'Atlantique, du Pacifique et du golfe du Mexique que dans les marais intérieurs.

Dignard (1990) a récemment présenté une revue exhaustive de la distribution de *Scirpus americanus* au Québec et de la localisation des principaux marais (Fig. 1). L'ensemble des marais recouvrent plus de 5800 ha distribués dans six régions (Tableau 1). Près des deux-tiers des marais à scirpe sont localisés en aval de Québec le long du chenal nord de l'île d'Orléans, sur les battures de Cap Tourmente, autour des îles de l'archipel de Montmagny et le long de la rive sud de Saint-Vallier à Saint-Jean-Port-Joli. Quelques marais de plus de 50 ha se retrouvent aussi en amont de Québec soit à Grondines, Portneuf et Donnacona. Vers l'ouest, près de 1,000 ha de marais à scirpe recouvrent les rives du lac Saint-Pierre et des îles de Berthier-Sorel (Tableau 1). La dernière région d'importance est localisée au sud de la baie de Rupert où l'on retrouve près de 850 ha de marais dominés par le scirpe. Les autres marais inventoriés dans les régions du lac Saint-Louis, du lac des Deux-Montagnes et de la rivière Saguenay représentent environ 2% de la superficie totale des marais à scirpe au Québec.

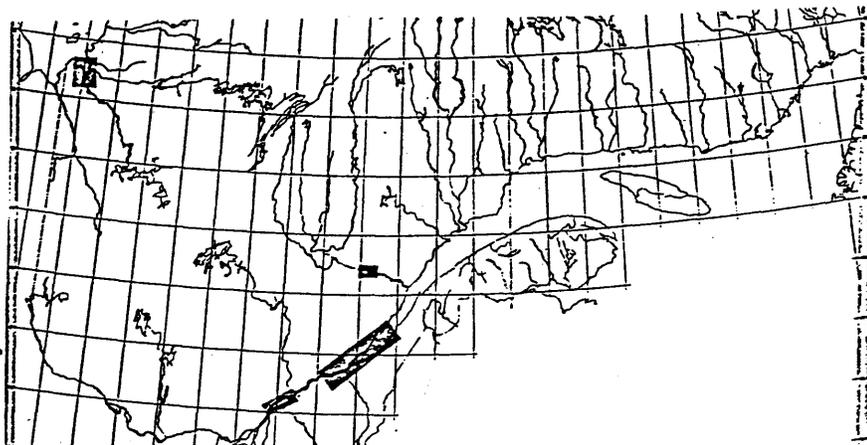


Figure 1. Localisation des principaux marais dominés par *Scirpus americanus* au Québec (Tiré de Dignard 1990).

Tableau 1. Superficie approximative des marais dominés par *Scirpus americanus* au Québec.

Région	Superficie (ha)	%
Fleuve Saint-Laurent (région de Québec) ¹	3884	66.5
Lac Saint-Pierre (incluant les îles de Berthier-Sorel) ²	984	16.8
Baie de Rupert ³	850	14.5
Rivière Saguenay ⁴	≈80	1.4
Lac Saint-Louis ⁵	7	0.1
Iles de Boucherville) ⁶	25	0.4
Lac des Deux-Montagnes (incluant le secteur de Repentigny) ⁷	13	0.2
TOTAL	5843	99.9

¹Anon. (1980) ²Jacques (1986) ³Lacoursière et Maire (1976) ⁴Dignard (1990) ⁵Grondin et al. (1983) ⁶Jacques (1981) ⁷Grondin et al. (1982).

2.2- REPRODUCTION

Scirpus americanus se reproduit de façon végétative par rejets des rhizomes et de façon sexuée. Une seule graine est contenue dans chaque fruit (achaine) et les tiges achainées et graines seront donc utilisés sans distinction. Dans les marais situés sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, moins de 3 % des tiges sont des semis provenant de la germination d'une graine (Tableau 2). La reproduction sexuée semble relativement plus importante à Montmagny qu'à Cap Saint-Ignace et reflète peut-être le gradient de salinité. A chaque site, une plus grande proportion de semis poussaient dans la communauté 4 située dans la partie supérieure du marais.

Tableau 2. Importance relative de la reproduction sexuée et végétative chez *Scirpus americanus* dans les marais de Montmagny et Cap Saint-Ignace en 1984¹.

Site	Communauté ²	N tiges/m ²		% de semis
		semis	rejets	
Cap St-Ignace	2	25 ± 16	2987 ± 135	0.8
	3	0 ± 0	193 ± 72	0
	4	3 ± 2	305 ± 47	0.9
Montmagny	2	9 ± 7	3313 ± 276	0.3
	3	21 ± 14	1536 ± 195	1.4
	4	19 ± 7	612 ± 141	3.0

¹Giroux et Bédard (données non publiées; n = 12 quadrats de 0.0625 m²/communauté).

²La communauté 2 se trouve dans la partie inférieure ou médiane du marais sur un loam sablonneux et est dominé par *Scirpus americanus*. La communauté 3 se trouve dans la partie médiane sur un loam limoneux avec *Scirpus americanus*, *Zizania aquatica*, et *Sagittaria* spp. La communauté 4 est localisée dans la partie supérieure du marais sur un loam limoneux avec *Scirpus americanus*, *Eleocharis* spp., *Scirpus torreyi*, *Sagittaria* spp., *Zizania aquatica*, *Bidens cernua*, *Sium suave* et *Sparganium* spp. (Giroux et Bédard 1988b).

Trois facteurs peuvent influencer la reproduction sexuée: la production de graines qui est fonction du pourcentage de tiges avec inflorescences et du nombre d'achaines par infrutescence, le taux de germination et la survie des semis. Sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, le pourcentage de tiges portant une inflorescence varie entre 4 et 86 % (Tableau 3). Les tiges poussant à Montmagny ont relativement plus d'inflorescences qu'à Cap Saint-Ignace. Dans ces deux marais, les tiges poussant dans la communauté 2 ont le pourcentage d'inflorescences le plus élevé. Ce milieu est caractérisé par un

substrat sabloneux et une dominance de *Scirpus americanus*. Le broutement par les oies semblent aussi diminuer la proportion de tiges avec inflorescences (Giroux et Bédard 1987a). La seule autre donnée disponible est celle de Boyd (1988) pour l'estuaire du Fraser en Colombie-Britannique où 32.5 ± 3.1 % des tiges portent une inflorescence.

Tableau 3. Pourcentage de tiges de *Scirpus americanus* portant une inflorescence à Montmagny et Cap Saint-Ignace en 1984¹.

Communauté ²	Montmagny	Cap Saint-Ignace
2	85.8	76.7
3	44.5	4.3
4	52.4	44.9

¹Le pourcentage est calculé sur une moyenne de 214 ± 15 tiges (150-240) par communauté à chaque site.

²Voir Tableau 2 pour la description des communautés.

Dans la région de Montmagny et Cap Saint-Ignace, la proportion d'inflorescences qui ont produit au moins une achaine varie entre 8 et 36 % ce qui est un faible taux de fertilité (Tableau 4). De plus, le nombre moyen d'achaines par infrutescence est très faible variant entre 1.2 et 2.1. Aucune différence dans le nombre moyen de graines par infrutescence n'a été trouvée entre les sites broutés et non broutés par les oies (Giroux et Bédard 1987a). La production de graines de *Scirpus americanus* est reconnue pour ses variations annuelles et spatiales mais les raisons pour ces différences ne sont pas connues (E. Garbisch, comm. pers.).

Tableau 4. Pourcentage d'inflorescences fertiles (≥ 1 achaine) et nombre moyen d'achaines par infrutescence pour *Scirpus americanus* dans les marais de Montmagny, 1984 et Cap Saint-Ignace, 1982¹.

Site	Communauté ²	N observé	% fertile	$\bar{x} \pm \text{é.t.}$
Cap St-Ignace	2	262	15.6	1.7 \pm 0.2
	4	549	35.9	2.1 \pm 0.1
Montmagny	3	331	8.5	1.2 \pm 0.1
	4	588	13.6	1.5 \pm 1.1

¹Giroux et Bédard (données non publiées)

²Voir Tableau 2 pour la description des communautés. -

La plupart des auteurs qui ont étudié la germination de *Scirpus americanus* ont réalisé leurs expériences en laboratoire ou en serre et leurs résultats seront discutés dans la section portant sur les techniques de propagation (Isley 1944, Palmisano 1971, Keddy et Ellis 1985, Keddy et Constabel 1986). A notre connaissance, Giroux et Bédard (données non publiées) sont les seuls à avoir effectué leurs expériences *in situ*. Ils ont vérifié l'effet de la provenance des graines et du site d'ensemencement sur la germination du scirpe en réalisant une série d'ensemencements réciproques.

Les achaines ont été récoltées à Montmagny et Cap Saint-Ignace en septembre 1983 dans les trois principales communautés (2, 4 et 6) puis conservées au sec à la noirceur à 3° C. A la fin de mai 1984, cinq réplicats de 50 graines provenant de chacun des sites de collection ont été semés dans des plats individuels (25 x 17 x 3 cm) contenant du sol de chaque site pour un total de 36 traitements (6 sites de collection x 6 sites d'ensemencement). Une toile de moustiquaire en nylon

recouvrait chacun des plats qui ont été déposés dans le marais à chaque site. Le nombre de semis étaient comptés et enlevés une fois par mois et un pourcentage de germination a été calculé pour l'ensemble de la saison (Tableau 5).

Tableau 5. Pourcentage de germination de *Scirpus americanus* en fonction des sites de collection et d'ensemencement à Montmagny et Cap Saint-Ignace, 1984¹.

Site et communauté de collection		Site et communauté d'ensemencement ²					
		Montmagny			Cap Saint-Ignace		
		2	3	4	2	3	4
Montmagny	2	62.4	46.0	55.6	36.0	40.0	47.2
	3	50.4	30.8	21.2	8.0	20.8	38.4
	4	23.2	14.0	23.2	7.2	13.2	14.8
Cap Saint-Ignace	2	40.4	32.0	30.8	28.0	21.2	28.8
	3	26.0	15.2	21.6	10.8	10.4	16.0
	4	26.8	25.2	30.8	8.4	20.0	35.2

¹Giroux et Bédard (données non publiées)

²Voir Tableau 2 pour la description des communautés.

Le pourcentage de germination variait de 7 à 62 % selon les traitements. Ce taux de germination est comparable aux résultats obtenus en laboratoire (Isley 1944, Palmisano 1971, Keddy et Ellis 1985, Keddy et Constabel 1986). A tous les sites d'ensemencement, les graines provenant de la communauté 2 de Montmagny ont eu le plus haut taux de germination. Dans cinq cas sur six, les graines semées dans la communauté 2 de Montmagny ont eu le pourcentage le plus élevé de germination sans égard à leur provenance. Les raisons pour ces

différences ne sont pas encore connues. Ces résultats indiquent, cependant, que si l'ensemencement devenait un mode de propagation, il serait avantageux de faire quelques expériences préliminaires de germination avant de choisir un site de prélèvement. A court terme, la communauté 2 de Montmagny serait un site approprié.

La survie des semis est le dernier aspect à considérer. Lors d'une expérience préliminaire, 21 semis ont été marqués dans la partie médiane (communauté 3) du marais à Montmagny. Aucun n'ont survécu en raison de l'accumulation de sédiments (Giroux et Bédard, données non publiées). Nous croyons que ce facteur est responsable du faible nombre de semis par rapport aux rejets de rhizomes (Tableau 2) surtout lorsqu'on considère les taux relativement élevés de germination (Tableau 5).

En conclusion, la reproduction sexuée ne semble pas être un mode de propagation très important pour *Scirpus americanus* dans les marais de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Cependant, ce mode de reproduction joue peut-être un rôle important dans la colonisation de la partie supérieure du marais c'est-à-dire au pied de la micro-falaise du schorre supérieure (*sensu* Dionne, 1985). L'érosion par les vagues favorise le recul de la micro-falaise et expose une zone dénudée de végétation. Une grande quantité de graines apportée par la marée s'accumule à cet endroit (Giroux, obs. pers.). La période d'inondation y est plus courte favorisant une plus grande période d'éclairement et la sédimentation y est également moins prononcée. Ces conditions favorisent possiblement la germination de *Scirpus americanus* et

expliquent peut-être le pourcentage plus élevé de semis dans la communauté 4 (Tableau 2). L'importance relative de la reproduction sexuée dans les marais des autres régions demeure inconnue. Quelques observations préliminaires indiquent que la production de graines serait plus élevée dans d'autres marais comme à Contrecoeur ou Cap Tourmente, mais ceci reste à vérifier (Giroux, obs. pers.).

2.3- PRODUCTIVITÉ

Les études portant sur la détermination de la productivité végétale sont toujours difficiles à comparer en raison des différentes méthodologies employées: protocole d'échantillonnage, taille des quadrats, mesure de la phytomasse par des méthodes destructives ou non-destructives avec ou sans la matière inorganique (cendres) et finalement la méthode de calcul de la productivité annuelle (phytomasse maximum, méthode de Smalley [Linthurst et Reimold 1978], maximum-minimum, etc.). Il y a quelques années, De la Cruz (1978) a insisté sur l'importance d'uniformiser les techniques. Malheureusement, chaque chercheur persiste à utiliser différentes méthodes.

Un autre problème dans la comparaison des données de productivité est d'obtenir une valeur moyenne pour un marais. Les mesures sont habituellement prises à différentes élévations et dans différentes communautés végétales. Les superficies recouvertes par chaque communauté sont rarement disponibles d'où l'impossibilité de pondérer la productivité de chaque communauté par sa superficie.

Malgré les différentes techniques utilisées, nous pouvons observer que la productivité aérienne de *Scirpus americanus* varie grandement entre les marais et à l'intérieur d'un même marais (Tableau 6). Ces estimés sont habituellement des sous-estimations car il est difficile de tenir compte de l'exportation de matériel par la marée et/ou de la décomposition du matériel mort (Linthurst et Reimold 1978, Shew et coll. 1981). En général, la phytomasse des tiges souterraines sans chlorophylle est incluse dans la phytomasse aérienne. Au Québec, la productivité aérienne varie entre 95 et 260 g/m² ce qui est comparable aux mesures prises sur les côtes du Pacifique et de l'Atlantique (Tableau 6). La moyenne arithmétique des 9 études québécoises s'établit à environ 190 g/m². Cette valeur pourrait être utilisée comme valeur cible lors de la création ou du rétablissement des marais le long du fleuve Saint-Laurent.

Le nombre et la hauteur des tiges sont plus faciles à mesurer que la phytomasse et sont aussi des bons indices de la productivité de *Scirpus americanus* (Giroux et Bédard 1988c). Les données sur la densité des tiges sont plus variables que pour la phytomasse aérienne (Tableau 7). Les données de Giroux et Bédard (1988c) surestiment probablement la densité des tiges car elles ne tiennent pas compte de la superficie respective de chaque communauté. Si nous utilisons la hauteur moyenne de 66 cm tel que mesurée sur la rive sud (Tableau 7) et que nous employons l'équation allométrique développée par Giroux et Bédard (1988c), nous pouvons calculer qu'une phytomasse de 190 g/m² équivaut à environ 640 tiges/m² ce qui se situe entre les données de Cap Tourmente et celles de la rive sud (Tableau 7).

Tableau 6. Productivité aérienne de *Scirpus americanus* à différents sites.

Site (N)	Productivité aérienne ($x \pm se$, g/m ²)	Référence
Estuaire Fraser, BC (48)	178 \pm 23 ¹	Boyd, 1988
Estuaire Fraser, BC (59)	280 \pm 27 ¹	Pidwirny, 1990
Estuaire Skagit, WA (80)	207 \pm 28 ¹	Ewing, 1986
Delaware Bay, DE (6)	312 \pm ? ¹	Seliskar, 1990
Aiken, SC (5)	150 \pm 10 ¹	Boyd, 1970
Giffard, QC (15)	172 \pm 31 ²	Brind'Amour et Lavoie 1983
Beauport, QC (10)	244 \pm 41 ³	Gilbert, 1990b
Beauport, QC (5)	250 \pm ? ¹	Deschênes & Sérodes, 1985
Boischatel, QC (14)	168 \pm 16 ²	Brind'Amour et Lavoie, 1983
Cap Tourmente, QC (11)	176 \pm 57 ²	Brind'Amour et Lavoie, 1983
Cap Tourmente, QC (5)	200 \pm ? ¹	Deschênes et Sérodes, 1985
Cap Tourmente, QC	262 \pm ? ⁴	Doran, 1981
Montmagny, QC (90)	150 \pm 14 ⁵	Giroux et Bédard, 1987b
Cap St-Ignace, QC (60)	95 \pm 13 ⁵	Giroux et Bédard, 1987b

¹Phytomasse vivante et morte maximale; transects perpendiculaires à la rive.

²Phytomasse vivante maximale; transects perpendiculaires à la rive.

³Méthode de Smalley; transects perpendiculaires à la rive.

⁴Phytomasse vivante et morte maximale pondérée par la superficie des groupements végétaux.

⁵Phytomasse vivante et morte maximale sans cendres; stations distribuées systématiquement dans tout le marais.

La productivité souterraine est plus difficile à mesurer en raison du travail laborieux requis pour évaluer la phytomasse et de l'impossibilité à déterminer la quantité de matériel qui meurt annuellement (Giroux et Bédard 1988c). Une relation étroite existe,

cependant, entre les phytomasses aérienne et souterraine (Doran 1981, Giroux et Bédard 1988c, Boyd 1988, Reed 1990). La végétation souterraine de *Scirpus americanus* se caractérise habituellement par une phytomasse élevée et une productivité faible (Tableau 8). Au Québec, la phytomasse souterraine automnale c'est-à-dire après la période de transfert des hydrates de carbone des tiges vers les rhizomes se situe entre 85 et 864 g/m² pour une moyenne de 450 g/m². En utilisant l'équation de Giroux et Bédard (1988c), on peut calculer que la valeur de 190 g/m² de phytomasse aérienne correspond à 474 g/m² de phytomasse souterraine en automne.

Tableau 7. Nombre et hauteur des tiges de *Scirpus americanus* à différents sites.

Site (N)	N tiges/m ²	Hauteur des tiges (cm)	Référence
Est. Fraser, BC (48)	837 ± 62 ¹	59 ± 2	Boyd, 1988
Est. Fraser, BC (28)		76 ± 2	Pidwirny, 1990
Est. Skagit, WA (64)	189 ± 35 ¹	38 ± 1	Boyd, 1988
Est. Skagit, WA (80)	464 ± 40 ¹		Ewing, 1986
Delaware Bay, DE (6)	1757 ± ? ¹	51 ± ?	Seliskar, 1990
Cap Tourmente, QC (375)	396 ± 25 ²		Reed, 1990
Montmagny, QC (72)	1432 ± 104 ³	66 ± 1 ³	Giroux & Bédard, 1988b
Cap St-Ignace, QC (87)	880 ± 106 ³	67 ± 2 ³	Giroux & Bédard, 1988b

¹Transects perpendiculaires à la rive.

²Transects perpendiculaires à la rive. Moyenne de 16 années avec 375 quadrats/année.

³Moyenne arithmétique de 3 (Montmagny) et 4 (Cap St-Ignace) communautés sans pondération pour leur superficie respective.

Tableau 8. Productivité souterraine de *Scirpus americanus* à différents sites.

Site (N)	Phytomasse (g/m ²)	Productivité (g/m ² /an)	Référence
Est. Fraser, BC (48)	846 ± 71 ¹		Boyd, 1988
Est. Fraser, BC (65)	247 ± 21 ²		Burton, 1977
Delaware Bay, DE (6)	728 ± ? ¹		Seliskar, 1990
Beauport, QC (10)		289 ± 79 ³	Gilbert, 1990b
Montmagny, QC (72)	864 ± 64 ⁴	166 ± 30 ⁵	Giroux & Bédard, 1988b
Cap St-Ignace, QC (87)	404 ± 58 ⁴	42 ± 19 ⁵	Giroux & Bédard, 1988b
Cap Tourmente, QC (30)	89 ± ? ⁶		Doran, 1981
Cap Tourmente, QC (30)	159 ± ? ⁷		Doran, 1981
Cap Tourmente, QC (30)	85 ± ? ⁸		Doran, 1981

¹Phytomasse de matériel vivant et mort au maximum de la croissance aérienne.

²Phytomasse de matériel vivant en octobre.

³Méthode de Smalley; transects perpendiculaires à la rive.

⁴Phytomasse souterraine vivante en septembre sans cendres. Moyenne arithmétique de 3 (Montmagny) et 4 (Cap St-Ignace) communautés sans pondération pour leur superficie respective. Marais broutés par les oies.

⁵ Phytomasse de matériel mort et vivant sans cendres maximale (septembre) - minimale (mai). Moyenne arithmétique de 3 (Montmagny) et 4 (Cap St-Ignace) communautés sans pondération pour leur superficie respective. Marais broutés par les oies.

⁶ Phytomasse de matériel vivant et mort au maximum de la croissance aérienne pondérée par la superficie des groupements végétaux. Marais broutés par les oies.

⁷ Phytomasse de matériel vivant et mort en novembre dans des exclos pondérée par la superficie des groupements végétaux.

⁸ Phytomasse de matériel vivant et mort en novembre pondérée par la superficie des groupements végétaux. Marais broutés par les oies.

Giroux et Bédard (données non publiées) ont élaboré un modèle de productivité de *Scirpus americanus* qui pourrait être utile dans l'élaboration d'un programme de création ou de recolonisation de

marais. Dans le cadre d'une expérience impliquant la simulation du broutement par les oies, 69 sections de rhizomes ayant au moins un bourgeon ont été transplantées en mai dans des bassins de croissance (0.283 m^2) placés dans le marais de Cap St-Ignace (Giroux et Bédard 1987c). Les rhizomes avaient été préalablement pesés puis marqués à l'aide d'un ruban. En août, au moment où la croissance aérienne était maximale, tout le matériel végétal contenu dans chaque bassin a été récolté, nettoyé, séché puis pesé. Nous avons ensuite mis en relation la masse initiale des rhizomes avec leur masse finale (Fig. 2).

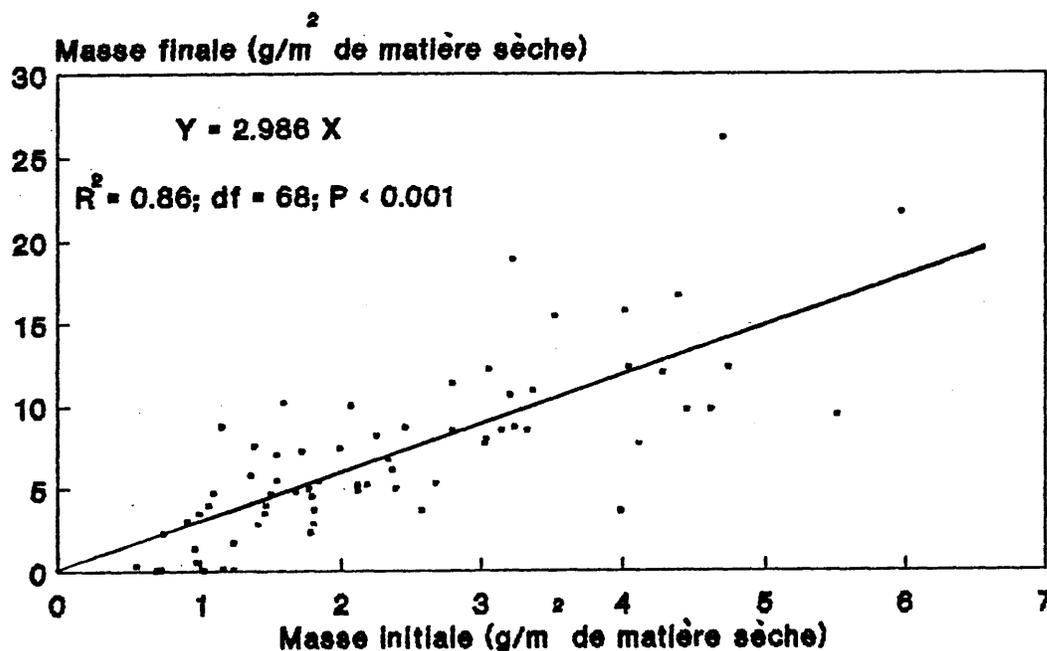


Figure 2. Relation entre la masse initiale d'un rhizome (X) et sa masse finale (Y)/m² après une saison de croissance. La masse initiale de matière sèche (MS) a été estimée à partir de la masse de matière fraîche (MF) selon l'équation présentée au Tableau 11.

Le modèle hautement significatif explique 86 % de la variation. En général, on observe trois fois plus de phytomasse souterraine à la fin de l'été que ce qui avait été transplanté. Il faut comprendre que ce

modèle, comme tout modèle de régression, se limite à l'étendue des valeurs utilisées dans l'expérience soit entre 0.5 et 6 g/m² de matière sèche (1.4 et 17 g/m² de matière fraîche). Toute extrapolation ne peut être faite qu'à titre indicatif et ne peut être associée à une probabilité statistique. De nouvelles expériences englobant un plus grande étendue de valeurs pourraient augmenter l'utilité de ce modèle.

En conclusion, *Scirpus americanus* est une plante relativement productive. On retrouve en moyenne 640 tiges/m² à la fin de l'été ce qui représente approximativement 190 g/m² de phytomasse aérienne et 450 g/m² de phytomasse souterraine à l'automne. Cependant, une caractéristique propre des marais à scirpe est la grande variabilité de la production entre les marais et à l'intérieur d'un même marais.

2.4- FACTEURS INFLUENÇANT LA CROISSANCE

Plusieurs chercheurs ont essayé de déterminer les facteurs responsables de la variabilité inhérente de la distribution, de la morphologie et de la production de *Scirpus americanus*. Une connaissance adéquate des effets de ces facteurs est essentielle pour assurer le succès de la propagation du scirpe.

Récemment, Seliskar (1990) a démontré que les différences dans la morphologie de *Scirpus americanus*, particulièrement la hauteur des plantes, étaient dues à des variations environnementales et non à des traits héréditaires.

Les deux principaux facteurs biotiques pouvant influencer la croissance de *Scirpus americanus* sont les herbivores et les plantes compétitrices. Dans certains marais, les grandes oies blanches limitent la production du scirpe; leur effet est décrit dans la prochaine section. Quant à la compétition interspécifique, Giroux et Bédard (1987b) n'ont pas trouvé de relations inverses entre les phytomasses aériennes de *Scirpus americanus* et des autres espèces telles que *Zizania aquatica*, *Sagittaria* spp., *Scirpus torreyi* et *Eleocharis* spp. Par contre, Pidwirny (1990) a récemment proposé qu'il y avait de la compétition entre *Scirpus americanus* et *Carex lyngbyei* dans les marais intertidaux saumâtres de la côte ouest. Il a suggéré que *Scirpus americanus* s'établissait dans la partie inférieure du marais parce qu'il était meilleur compétiteur pour l'azote alors que *Carex lyngbyei* occupait la partie supérieure du marais parce qu'il était meilleur compétiteur pour la lumière.

Plusieurs facteurs abiotiques ont été examinés pour essayer d'expliquer les variations dans la distribution et la production de *Scirpus americanus*: la texture du sol, les éléments nutritifs, le degré de salinité et le temps d'inondation qui est relié à l'élévation dans le marais.

La productivité totale de *Scirpus americanus* atteint des valeurs maximales lorsque le sol contient un pourcentage élevé de sable, soit entre 50 et 70% (Disraeli et Fonda 1979, Hutchinson 1982, Ewing 1983, Giroux et Bédard 1988b, Seliskar 1990). Les sites sablonneux se caractérisent habituellement par des étendues monospécifiques de scirpe

résultant en des phytomasses aériennes élevées, par des phytomasses souterraines denses constituées d'une grande proportion de racines (> 30%) et par des substrats fermes empêchant les oies de brouter (Giroux, obs. pers.). Il y a généralement peu d'accumulation de sédiments sur ces sites et la productivité souterraine y est moins élevée que sur les sites avec des loams limoneux et argileux. Ces milieux ne sont pas présents dans tous les marais.

Dans l'estuaire du Fraser, la phytomasse aérienne de *Scirpus americanus* était positivement reliée au pourcentage d'azote total contenu dans le sol mais non au pourcentage de phosphore (Pidwirny 1990). Un grand nombre d'études ont démontré que l'azote était souvent un facteur limitant dans les marais intertidaux dominés par *Spartina alterniflora* (voir revue dans Pidwirny 1990). Sur les battures de Beauport, Gilbert (1990a) a déterminé que le scirpe assimilait plus d'éléments nutritifs (N et P) à partir des sédiments que de l'eau. L'importance des éléments nutritifs des sédiments a été démontré indirectement par Giroux et Bédard (1987b) qui ont déterminé que l'accumulation de sédiments expliquait plus de 40% de la variation de la production aérienne du scirpe à Montmagny. Giroux et Bédard (1987b) et Gilbert (1990a) n'ont cependant pas établi que l'azote et le phosphore étaient limitants. En fait, aucune étude n'a été réalisée dans l'estuaire du Saint-Laurent pour nous permettre d'évaluer l'effet direct des éléments nutritifs sur la croissance du scirpe. Par contre, l'accumulation des sédiments est importante dans la majorité des marais de l'estuaire (Sérodes et Troude 1984).

Le scirpe pousse en eau douce et saumâtre jusqu'à des concentrations de 10 à 20‰ (Hutchinson 1982, Ewing 1983, Deschênes et Sérodes 1985). La germination est réduite lorsque la concentration de NaCl atteint 12‰ (Palmisano 1971). Plus la salinité est élevée, plus le scirpe est intolérant aux périodes prolongées de submersion (Deschênes et Sérodes 1985, Sérodes et coll. 1985). C'est ainsi qu'à Saint-Roch-des-Aulnaies, la limite inférieure de la bande de scirpe n'est submergée que 33% du temps comparativement à 87% du temps à Portneuf. Le degré de salinité de l'eau dans les marais de l'estuaire du Saint-Laurent varie avec l'amplitude de la marée, le courant et les saisons. Une valeur moyenne située entre 0 et 5‰ représente probablement des conditions optimales.

Plusieurs chercheurs ont établi une relation entre l'élévation et la croissance du scirpe (Lacoursière et Grandtner 1971, Disraeli et Fonda 1979, Doran 1981, Hutchinson 1982, Brind'Amour et Lavoie 1983, Ewing 1983, 1986, Deschênes et Sérodes 1985, Giroux et Bédard 1988b, Seliskar 1988, 1990, Pidwirny 1990). Il est cependant difficile de généraliser les résultats de ces études car la méthodologie varie selon chaque auteur. Quelques-uns ont noté la présence/absence de *Scirpus americanus* alors que d'autres ont mesuré la phytomasse aérienne ou souterraine à différentes hauteurs. Certains se sont limités à la zone recouverte par le scirpe alors que d'autres ont dépassé les limites inférieures et supérieures. Finalement, quelques chercheurs ont simplement noté la hauteur de la limite inférieure de la végétation. L'approche expérimentale influence directement la relation entre les deux paramètres.

La plupart des auteurs utilisent les niveaux marégraphiques. Le zéro marégraphique correspond à la hauteur moyenne des plus basses marées basses (MLLW). Sérodes et coll. (1985) expliquent clairement la correspondance entre les niveaux géodésiques et marégraphiques et présentent les temps de submersion associés à différents niveaux pour plusieurs ports de référence de la région de Québec.

On trouve habituellement une plus grande phytomasse dans la partie médiane du marais (Tableau 9). La prolongation du temps de submersion associée à une faible élévation augmente la production d'éthylène, une hormone responsable de l'augmentation d'aerenchyme et d'une diminution de la croissance des plantes (Seliskar 1988). Les phytomasses plus faibles dans la partie supérieure des marais sont encore inexpliquées. Cependant, cette zone est inondée moins longtemps ce qui favorise une plus grande utilisation par les oies blanches (Giroux et Bédard 1988a).

L'élévation à laquelle on retrouve la phytomasse aérienne maximum varie entre 2.8 et 4.5 m avec une moyenne de 3.4 m dans les marais de l'estuaire du Saint-Laurent (Tableau 9). Ceci représente environ 37% de temps de submersion (21 à 50%). Il est cependant hasardeux de générer une telle hauteur moyenne optimale pour l'ensemble des marais car chaque marais a ses propres caractéristiques de sol et de salinité. Par exemple, la hauteur optimale à Cap Tourmente se situe autour de 3.6 à 4.5 m dépendant des études (21-33% de submersion) comparativement à 3.3 m (40%) dans la région de Montmagny. Deschênes et Sérodes (1985) ont mesuré des concentrations de Na 82% plus élevées dans les tiges de scirpe prélevées à Cap Tourmente par rapport à Montmagny.

Tableau 9. Élévations et pourcentage de temps de submersion pour *Scirpus americanus* dans différents marais.

Limites inférieures	Limites supérieures	Zone de phytomasse maximum		Localisation	Références
		Limites inférieures	Limites supérieures		
1.20 (87) ^{1,2}				Portneuf, QC	Deschênes & Sérodes 1985
1.72 (65) ²				St-Antoine-de-Tilly, QC	"
1.55 (75) ²				St-Romuald, QC	"
1.33 (72) ²				Beauport, QC	"
1.39 (75) ²				Montmagny, QC	"
2.53 (55) ²				Ste-Anne-de-Beaupré, QC	"
3.63 (37) ²				Cap Tourmente, QC	"
3.73 (33) ²				St-Roch-des-Aulnaies, QC	"
3.13 (44) ³	5.79 (2) ³	4.50 (21)		Cap Tourmente, QC	Doran 1981
2.4 (55) ³	3.9 (28) ³	3.3 (40) ⁴		Montmagny, QC	Giroux & Bédard 1988b
1.2 (80) ²	4.3 (23) ²			Ile d'Orléans, QC	Lacoursière & Grandtner 1971
3.17 (40) ³	4.46 (17) ³	3.60 (33)		Cap Tourmente, QC	Brind'Amour & Lavoie 1981
2.64 (54) ³	3.96 (28) ³	2.80 (50)		Boischatel, QC	"
1.36 (73) ³	3.01 (39) ³	2.77 (43)		Giffard, QC	"
2.3 (31) ²	2.7 (5) ²	2.4 (26)		Bellingham, WA	Disraeli & Fonda 1979
1.9 ²	3.3 ²	1.9		Skagit, WA	Ewing 1983, 1986
2.7 (70) ²	3.5 (35) ²			Fraser, BC	Hutchinson 1982

¹Niveau marégraphique en m (% de temps de submersion).

²Limites inférieures et supérieures de la végétation.

³Limites inférieures et supérieures des stations d'échantillonnage.

⁴Excluant la communauté 2 sur substrat sablonneux.

En conclusion, plusieurs facteurs biotiques et abiotiques propres à chaque marais influencent la croissance de *Scirpus americanus*. En plus de ces facteurs, la température estivale affecte aussi la productivité du scirpe. Giroux et Bédard (1987b) ont en effet observé une plus grande production de scirpe durant un été plus ensoleillé et plus chaud.

2.5- UTILISATION PAR LA FAUNE

L'utilisation de certains marais à scirpe par les oies blanches est sans aucun doute la caractéristique la plus importante de ces milieux. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, les oies utilisent ces marais principalement pour s'alimenter et se reposer (Gauthier et coll. 1988, Giroux et Bédard 1988a, 1990). Giroux et Bédard (1988d) ont étudié l'alimentation des oies à l'automne sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent. *Scirpus americanus* représentait près de 75 % du régime alimentaire des oies. Les tiges aériennes étaient consommées au début de la saison surtout par les juvéniles puis les rhizomes occupaient une place de plus en plus importante due à la disparition des tiges et à l'apprentissage par les juvéniles. Au printemps, lorsque les marais sont dénudés de végétation aérienne, Bédard et Gauthier (1989) ont estimé que plus de 96 % de l'alimentation des oies qui se nourrissaient dans les marais de la rive sud était constituée de rhizomes de scirpe. Le scirpe est une source énergétique importante pour les oies car Burton et coll. (1979) ainsi que Bédard et Gauthier (1989) ont respectivement mesuré que l'énergie métabolisable des rhizomes s'élevait à 6.0 KJ/g et 8.2 KJ/g.

Giroux et Bédard (1987a) ont calculé que les oies prélevaient jusqu'à 62 g/m²/an de rhizomes dans le sanctuaire de Montmagny où l'utilisation par les oies était la plus intense. Ceci représentait 23 % de la phytomasse souterraine disponible ou 59 % de la productivité souterraine nette annuelle. A Cap Tourmente, Doran (1981) et Reed (1990) ont respectivement estimé que les oies prélevaient en moyenne 56 % et 74 % de la phytomasse souterraine. Finalement, Burton (1977) a évalué que les petites oies blanches prélevaient 32 % de la phytomasse de rhizomes de scirpe américain dans l'estuaire du Fraser en Colombie-Britannique.

L'effet des oies sur les marais à scirpe a reçu une attention particulière depuis quelques années. Giroux et Bédard (1987b) ont mesuré une différence de 62 % dans la production primaire aérienne nette entre des parcelles broutées dans le sanctuaire de Montmagny et des parcelles où les oies avaient été exclues pendant deux ans (exclos). Les différences n'étaient pas aussi marquées dans une zone adjacente au sanctuaire ainsi qu'à Cap Saint-Ignace où l'utilisation par les oies était moins élevée. Giroux et Bédard (1987c) ont aussi confirmé expérimentalement que le prélèvement d'une portion de rhizomes aussi petite que 10% diminue la productivité subséquente du scirpe. Smith et Odum (1981) ont obtenu des résultats similaires dans un marais dominé par *Scirpus robustus*. Par contre, le broutement des oies ne semble pas modifier la qualité des rhizomes de *Scirpus americanus* en terme du contenu en fibres, protéines et produits secondaires (Bélanger et coll. 1990).

Un résultat intéressant de l'étude de Giroux et Bédard (1987a) est que les marais à scirpe récupèrent rapidement (2 ans) lorsque le broutement des oies est éliminé suggérant une dynamique importante de la végétation de ce milieu. Ceci contraste avec les marais de *Spartina alterniflora* qui peuvent demeurer dénudés de végétation pendant plusieurs années après le passage des oies (Smith et Odum 1981). Bélanger (1990) a récemment étudié l'effet des glaces et des oies sur la dynamique de la végétation des marais à scirpe de Montmagny. En exploitant les dépressions créées par l'action érosive des glaces au printemps, les oies contribuent à augmenter la diversité végétale tout en réduisant la productivité primaire du marais sans toutefois le surexploiter.

A Cap Tourmente, Reed (1990) a suivi l'évolution de la végétation pendant plusieurs années. Aucune tendance à la baisse ni à la hausse dans la densité des tiges de scirpe a été observée entre 1971 et 1988 suggérant que le système est en équilibre sans toutefois connaître son niveau d'équilibre. A Montmagny, Giroux et Bédard (1987a) ont aussi conclu que le système était en équilibre mais à un niveau très inférieur par rapport au potentiel de ces marais. Reed (1990) rapporte une corrélation positive entre la pression d'utilisation et la production subséquente de scirpe et suggère que les marais ne sont pas surutilisés. Cependant, les variations annuelles de la production de *Scirpus americanus* associées possiblement aux variations de température (voir section précédente) peuvent confondre l'effet des oies.

Finalelement, Dionne (1985) considère que le broutement des oies abaisse le marais à scirpe mais aucune mesure quantitative de ce phénomène n'a encore été publiée.

Quant à l'utilisation du scirpe par d'autres espèces que les oies, on possède peu d'information. Sur la côte ouest, les cygnes trompettes broutent les rhizomes de scirpe (Boyd 1988, McKelvey et Verbeek 1988). Sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, Giroux (obs. pers.) a observé qu'une espèce d'insecte se nourrissait sous l'épiderme de la tige de *Scirpus americanus*. L'identification de cet insecte et son effet sur la plante reste à préciser. Plusieurs espèces de canards se retrouvent dans les marais à scirpe du fleuve Saint-Laurent mais ils y sont plutôt attirés par les graines de *Zizania aquatica*. Certains gastéropodes se retrouvent également sur les surfaces de vase couvertes d'algues.

3- TECHNIQUES DE PROPAGATION

3.1- RÉCOLTE, CONSERVATION ET TRANSPLANTATION

A notre connaissance, aucun projet d'envergure n'a été réalisé pour rétablir ou créer un marais à scirpe. En fait, il existe peu d'information sur la création des marais d'eaux douces ou saumâtres (Wolf et coll. 1986, Broome 1990). Nous avons répertorié six groupes de chercheurs qui ont expérimenté de façon plus ou moins détaillée différentes techniques de propagation de *Scirpus americanus* en vue de la création ou du rétablissement de marais (Tableau 10). Trois autres équipes ont utilisé différentes techniques de propagation dans le cadre de leurs études sur l'écologie ou la physiologie de l'espèce.

Les techniques de propagation sont limitées et incluent l'ensemencement, la transplantation de plants produits commercialement de façon végétative ou par reproduction sexuée, la transplantation de rhizomes avec ou sans substrat et la transplantation de plants incluant tiges et rhizomes avec ou sans sol. Nous allons examiner chaque méthode en discutant de leur potentiel respectif pour la propagation de *Scirpus americanus* le long du fleuve Saint-Laurent.

Tableau 10. Liste des chercheurs qui ont expérimenté différentes techniques de propagation de *Scirpus americanus*.

Chercheur	Affiliation	Objectifs	Site	Expérience
Boyd,S	Service canadien de la faune	Revégétation d'une île de draguage	Vancouver	Transplantation de rhizomes et trans-plantation de carottes avec tiges <i>in situ</i>
Broome,S	North Carolina State Univ.	Expérience locale	Caroline du Nord	Transplantation de plants (tiges + rhizomes) <i>in situ</i>
Garbisch,E	Environmental Concern Inc.	Commerce de plantes aquatiques	Maryland	Ensemencement, transplantation de plants produits en serre
Giroux,JF	Univ. Laval	Étude sur l'écologie	Québec	Ensemencement et transplantation de rhizomes <i>in situ</i>
Keddy,P	Univ. d'Ottawa	Étude sur l'écologie	Ontario	Ensemencement en serre
Pomeroy,WM	Pêches & Océans Canada	Création de marais	Vancouver	Transplantation de carottes <i>in situ</i>
Nawrot, JR	Southern Illinois Univ. Cabondale	Création de marais	Illinois	Transplantation de rhizomes <i>in situ</i>
Seliskar,D	Univ. Delaware	Étude sur la physiologie	Delaware	Ensemencement et transplantation de plants <i>in situ</i> , transplantation de carottes et rhizomes en serre
Webb, JW	Texas A&M Univ.	Stabilisation de berges	Texas	Transplantation de plants <i>in situ</i>

3.1.1- Ensemencement

Récolte et égrenage

La récolte des achaines doit s'effectuer lorsqu'elles ont atteint leur maturité et avant leur déhiscence ce qui correspond à la mi-septembre pour la région de Montmagny. Il faut donc prévoir un an à l'avance toute opération d'ensemencement. Les infrutescences sont récoltées à la main puis amenées au laboratoire où elles sont pressées entre les doigts pour extraire les graines. La récolte de 20,000 graines dans la région de Montmagny où la production est considérée faible (voir section 2.2) a requis environ 1 jour-personne et l'égrenage environ 2.5 jours-personnes. La mécanisation de la récolte et de l'égrenage telle que développée pour *Spartina alterniflora* réduirait les coûts de main-d'oeuvre. La Figure 1 de Broome et coll. (1988) illustre une machine conçue pour récolter les graines de spartine. A notre connaissance, seul Palmisano (1971) a utilisé un séchoir à graines Erickson pour séparer les graines des infrutescences pour *Scirpus americanus*.

A Montmagny et Cap Saint-Ignace, la récolte devrait se faire dans les sites sablonneux où la production de graines (% de tiges avec inflorescences x % d'inflorescences fertiles x nombre moyen de graines/infrutescence) est la plus élevée (Tableaux 2 et 3). Par contre, il serait avantageux de localiser d'autres sites qui produisent plus de graines.

Conservation

Il ne semble pas y avoir de consensus quant à la meilleure méthode de conservation des achaines de *Scirpus americanus*. Shipley et coll. (1989) ont conservé avec succès des graines de *Scirpus americanus* dans des sacs de nylon poreux entreposés à 4°C dans du sable saturé d'eau à 75%. Garbisch (comm. pers.), Giroux et Bédard (données non publiées), Palmisano (1971) ainsi que Seliskar (1988, 1990) ont conservé des graines au sec dans des sacs de polyéthylène placés dans des réfrigérateurs (2°-3° C) à la noirceur. Isely (1944) a déterminé que les graines entreposées dans la tourbe à la noirceur à 2°-4° C donnaient les meilleurs taux de germination. Il est impossible de comparer le succès relatif de chaque méthode car l'origine des graines et les tests de germination sont tous différents. En général, une période de dormance de 6 à 8 mois est nécessaire. De plus, on note une diminution de viabilité des graines avec les années (Isely 1944, Giroux et Bédard, données non publiées). Il faut donc semer les graines récoltées l'automne précédent pour avoir une plus grande chance de succès.

Ensemencement

A notre connaissance, seulement Giroux et Bédard (données non publiées) ont fait germer des graines de *Scirpus americanus* en milieu naturel et même cette expérience était différente d'un ensemencement à grande échelle. Toutes les autres expériences ont été réalisées en serre ou laboratoire. O'Neill (1972) ainsi que Prevost et Gresham (1981) ont cependant réussi l'ensemencement de plusieurs ha de marais avec *Scirpus robustus*.

L'ensemencement doit se faire à marée basse vers la fin mai (voir section 2.2) et peut probablement être réalisé par épandage à la volée. Il est recommandé de préparer le sol en l'ameublissant avec un râteau. La même technique peut être utilisée pour ensuite recouvrir les graines de 1 ou 2 cm de sol, ce qui semble être une profondeur adéquate quoiqu'il n'existe pas de données pour supporter cette affirmation. On ne dispose pas non plus d'information quant à densité optimale de graines. Webb et coll. (1984) et Broome et coll. (1988) recommandent 100 graines/m² pour *Spartina alterniflora*. Ceci nous semble une densité raisonnable pour *Scirpus americanus*. Considérant une masse moyenne de 3.34 mg/achaine (Keddy et Ellis 1985), cette densité représente une masse de graines de 3.34 g/10 m² ou 3.34 kg/ha.

Le choix du site d'ensemencement est un des principaux facteurs qui détermine le succès d'une telle opération. Woodhouse et Knutson (1982) ont suggéré la partie supérieure du marais pour l'ensemencement de *Spartina alterniflora*. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, l'accumulation de sédiments dans les marais influence la reproduction sexuée de *Scirpus americanus* (voir section 2.2). Nous recommandons donc de semer le scirpe que dans la partie supérieure du marais, plus précisément dans la bande de 20-30 m nouvellement dégagée par l'érosion du marais supérieur. Ces sites situés au pied de la micro-falaise (*sensu* Dionne, 1985) sont soumis à de moins longues périodes de submersion ainsi qu'à une accumulation plus faible de sédiments.

Coûts et succès

Pour ensemer un ha de marais ou une bande de 20 m de large par 0.5 km de long, nous estimons qu'un total de 180 jours-personnes (50 pour la récolte, 125 pour l'égrenage et 5 pour la semence) seront requis. A \$100/jour pour la main d'oeuvre plus \$300 pour le matériel, le coût total pour l'ensemencement d'un hectare de marais est donc estimé à \$18,300. La mécanisation des opérations de récolte et d'égrenage réduirait considérablement les coûts. Le succès d'une telle opération en terme de phytomasse produite après la première saison de croissance et durant les années subséquentes est inconnu.

3.1.2- Transplantation de plants produits commercialement

Production

Une autre alternative est de produire des plants en serre et/ou en pépinière et de les transplanter en milieu naturel. Certains commerçants américains utilisent des graines pour propager *Scirpus americanus* (E. Garbisch, Environmental Concern Inc. P.O. Box P, St. Michaels, Maryland 21663, tél: 301-745-9620). Selon eux, cette technique est moins dispendieuse que la propagation végétative. Par contre, la seconde technique a l'avantage d'assurer une production soutenue car l'approvisionnement en graines fertiles varie d'une année à l'autre pour des raisons encore inconnues.

La récolte et la conservation des graines ont été décrites à la section précédente. Chez Environmental Concern Inc., on dispose 4-6 graines dans des contenants de tourbe de 4.5 cm de côté. La germination est effectuée au mois de février en serre puis les pots sont placés à

l'extérieur dans une pépinière avant d'être transplantés dans le marais. Il faudrait déterminer la meilleure chronologie des opérations pour le Québec. Il est possible que toutes les opérations doivent être réalisées en serre en raison des basses températures au printemps. Il n'y a pas de consensus quant à la meilleure méthode de germination de *Scirpus americanus*. Isely (1944) rapporte les meilleurs taux de germination sous luminosité constante à 30-32° C. Seliskar (1990) et Palmisano (1971) ont fait germer des graines de scirpe en alternant la photopériode (14 h de clarté et 10 h de noirceur) et la température (32-35 et 18-20° C) des chambres de croissance.

La propagation végétative est aussi possible. Giroux (données non publiées) a transplanté des rhizomes de scirpe au mois de mai dans un bassin de croissance contenant du sol de marais. Le bassin avait été placé à l'extérieur du marais et arrosé quotidiennement avec de l'eau provenant d'un puits artésien pour simuler l'effet de la marée. Les rhizomes se sont développés et une phytomasse aérienne importante a été produite tout au cours de l'été. Cette approche pourrait être utilisée en pépinière. Walsh et coll. (1990) ont d'ailleurs développé des mélanges artificiels de sédiments destinés à la croissance de plantes aquatiques. Leur technique permet d'avoir un substrat non contaminé et de contrôler la texture du sol. Si les plants ne sont pas transplantés durant la saison, ils devront être placés en serre car ils ne résisteront probablement pas au gel de l'hiver. En milieu naturel, le sol du marais ne gèle pas en raison de la marée.

Transplantation

Environmental Concern Inc. suggère de transplanter les petits pots de tourbe directement dans le marais quand les plants ont atteint environ 15 cm. Les pots se décomposent et les rhizomes se propagent rapidement. La transplantation devrait être effectuée tôt au début de la saison pour permettre une période de croissance maximale. Les pots devraient être placés de façon à ce que les rhizomes se retrouvent à environ 10 cm dans le sol afin qu'ils ne soient pas arrachés par les glaces. Aucune donnée sur l'espacement optimal des plants de *Scirpus americanus* n'est présentement disponible. Nous recommandons de placer 1 pot/m², ce qui représente la densité habituellement suggérée pour la transplantation de plants de *Spartina alterniflora* (Woodhouse et Knutson 1982, Broome 1990). La partie médiane du marais serait un site à privilégier considérant la productivité de ce milieu (voir section 2.3). Une personne peut probablement transplanter 500 pots/ jour.

Coûts et succès

Les pots produits par Environmental Concern Inc. contiennent de 4 à 6 tiges et sont vendus environ \$1 (CDN) chaque. Si on dispose un pot à tous les m², le coût total pour les plants sera de \$10,000/ha et on estime qu'il faudra 20 jours-personnes (\$2,000 à \$100/jour) pour placer les 10,000 plants en terre. En ajoutant \$500 pour l'équipement et le matériel, le coût total est estimé à \$12,500/ha.

Il est probablement facile de produire des plants de *Scirpus americanus* en serre ou en pépinière. Cependant, nous connaissons aucune production commerciale de scirpe au Canada et nous ne croyons pas qu'il

soit judicieux d'utiliser les plants produits aux États-Unis. De plus, l'efficacité de cette technique dans les marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent est inconnue. Warburton et coll. (1985) considèrent que les plants produits commercialement donnent de moins bons résultats que les plants récoltés dans un marais à proximité du milieu à rétablir.

3.1.3- Transplantation de rhizomes sans substrat

Récolte

La récolte de rhizomes doit se faire durant la période de dormance de la plante, soit à partir de l'automne lorsque le transfert des hydrates de carbone vers les tiges est terminé, jusqu'au printemps suivant avant le début de la croissance des tiges (Warburton et coll. 1985). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, on peut donc récolter des rhizomes de la mi-octobre jusqu'à la formation des glaces et de la disparition des glaces jusqu'à la mi-mai. Cependant, Warburton et coll. (1985) conseillent d'effectuer la récolte au printemps (si cette période n'interfère pas avec la transplantation) afin de minimiser les pertes de rhizomes associées à la conservation prolongée. Ils ont noté une différence de 10% dans le succès d'établissement de rhizomes de *Spartina* récoltés à l'automne et au printemps, respectivement.

La récolte peut se faire à la main si le substrat est meuble ou avec une pelle. La présence de bourgeons axillaires ou terminaux sur les rhizomes est essentielle car tous les rhizomes sans bourgeons transplantés par Giroux et Bédard (1987c) ont montré aucune croissance et commençaient même à se décomposer à la fin de l'été. Warburton et coll. (1985) transplantent habituellement des rhizomes ayant 2-3

bourgeons. Nous suggérons de prélever des sections d'environ 15 cm de longueur avec 3-4 bourgeons afin de s'assurer que les rhizomes aient des réserves suffisantes pour garantir une croissance initiale rapide. Les rhizomes peuvent être légèrement lavés pour enlever le sol et ainsi faciliter leur transport.

Il a fallu 2 jours-personnes à Giroux et Bédard (1987c) pour récolter une centaine de rhizomes de plus de 25 cm de longueur avec le bourgeon terminal. Warburton et coll (1985) estiment qu'une personne peut récolter 75-100 rhizomes par heure. Dans les marais à scirpe de l'estuaire du Saint-Laurent, nous estimons qu'une personne peut récolter 400 rhizomes de 15 cm en une journée dans un site où le scirpe est abondant et le substrat pas trop ferme. Il est important de localiser les sites de prélèvement durant l'année précédente lorsque la végétation aérienne est présente. Quelques relations empiriques sont présentées au Tableau 11 afin de prédire la masse fraîche et le nombre de bourgeons à partir de la longueur des rhizomes.

Tableau 11. Relations empiriques entre la masse fraîche (g), la masse sèche (g), la longueur (cm) et le nombre de bourgeons des rhizomes de *Scirpus americanus*.

Équation ¹	r
Masse fraîche = 0.084 + 0.131 Longueur	0.91
Masse sèche = 0.024 + 0.340 Masse fraîche	0.98
Nombre de bourgeons = - 0.918 + 0.278 Longueur	0.89

¹ Les modèles sont tous significatifs (df = 251; $P < 0.001$; Giroux et Bédard, données non publiées).

Conservation

Les rhizomes doivent être conservés en état de dormance jusqu'à leur transplantation en les gardant humides à la noirceur à 2-3° C. Giroux et Bédard (1987c) ont ainsi conservé des rhizomes pendant une journée alors que Warburton et coll. (1985) en ont conservés pendant quelques mois. Ces derniers plaçaient les rhizomes dans de la tourbe ou du sable humide et ajoutaient une solution 0.5% d'hypochlorite de sodium (eau de javel) pour empêcher le développement de champignons siphomycètes (moisissures).

Transplantation

Warburton et coll. (1985) considèrent que la transplantation des rhizomes de *Scirpus americanus* peut se faire au printemps ou à l'été. Pour le Québec, nous suggérons de planter les rhizomes le plus tôt possible au printemps soit à partir du moment où les marais sont dégagés de glace jusqu'à la mi-mai pour s'assurer d'une plus grande période de croissance. La présence des oies blanches peut cependant retarder l'opération de transplantation à certains sites (voir section 3.2.5). Les sections de rhizomes doivent être placées à environ 10 cm de profondeur dans un trou fait en poussant le sol avec une pelle (Warburton et coll. 1985, Giroux, obs. pers.). Une attention particulière doit être apportée pour respecter l'orientation (géotropisme) du rhizome. Le trou doit être bien refermé pour empêcher les rhizomes de flotter vers la surface et d'être emportés. Kruczynski (1982) attribue l'échec d'une transplantation de rhizomes de *Spartina alterniflora* au fait que les rhizomes aient été emportés par les vagues. Il faut également égaliser la surface du sol afin de prévenir

l'accumulation de l'eau au dessus du site de transplantation.

Warburton et coll. (1985) suggèrent un intervalle de 1.5 m entre les rhizomes de *Scirpus americanus* dans des sites créés à partir des boues provenant des usines d'extraction de charbon. Considérant les suggestions pour *Spartina* et sur l'élongation des rhizomes de *Scirpus americanus* (Giroux et Bédard, données non publiées), nous suggérons de placer une section de 15 cm de rhizomes par m² pour commencer l'établissement d'un marais à scirpe au Québec. Nawrot (comm. pers.) considère qu'une personne peut planter 75-100 rhizomes par heure. Nous estimons que 2 personnes travaillant en équipe peuvent transplanter 1,000 rhizomes/jour dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Coûts et succès

En utilisant une densité d'un rhizome/m², on estime qu'il faudra 25 jours-personnes pour récolter 10,000 rhizomes et 20 jours-personnes pour les transplanter, ce qui fait un total de 45 jours ou \$4,500 à \$100/jour. En ajoutant \$500 pour le matériel et l'équipement, on obtient \$5,000/ha. Si nous plaçons un rhizome à tous les 0.5 m (4 rhizomes/m²), on peut calculer un coût total de \$20,000. L'avantage d'utiliser des rhizomes est qu'ils sont plus faciles à manipuler et à transporter que les carottes de terre ou les plants. La conservation prolongée de rhizomes semble également possible ce qui permet une récolte sur une période plus longue.

En plaçant 1 rhizome/m², on peut calculer que la phytomasse souterraine moyenne visée (450 g/m²) serait atteinte en six ans si on

accepte le modèle présenté à la section 2.3. Augmenter la densité accélère l'établissement mais pas de façon linéaire. C'est ainsi qu'une densité de 4 rhizomes/m² permettrait d'atteindre la phytomasse visée durant la quatrième année. Il faut rappeler le caractère exploratoire de cette démarche.

Trois chercheurs ont transplanté des rhizomes de *Scirpus americanus* avec différents succès. Sean Boyd du Service canadien de la faune à Vancouver a transféré des sections de rhizomes d'environ 10 cm sur une île construite à partir de résidus sablonneux de dragage. Pour des raisons encore non expliquées, il a obtenu moins de 3% de succès (Boyd, comm. pers.).

Giroux et Bédard (1987c) ont recueilli des rhizomes vers le 25 mai à l'Islet-sur-Mer et les ont transplantés dans des bassins remplis de sol de marais et situés dans la partie supérieure du marais à Cap Saint-Ignace. Les rhizomes pesaient entre 0.4 et 5 g (masse fraîche) et mesuraient entre 3 et 25 cm. Tous les rhizomes qui avaient au moins un bourgeon se sont développés et ont produit une phytomasse aérienne et souterraine (voir modèle à la section 2.3).

Finalement, les chercheurs de l'université Southern Illinois transplantent régulièrement des rhizomes de *Scirpus americanus*, *Scirpus acutus*, *Scirpus robustus*, *Scirpus fluviatilis* et *Spartina* spp. pour créer des marais de 15-20 ha dans des anciennes mines de charbon de surface (Nawrot, comm. pers.). Les boues résiduelles provenant des usines d'extraction de charbon sont utilisées comme substrat.

3.1.4- Transplantation de rhizomes avec substrat

Récolte

Aucune expérience n'a été réalisée pour déterminer la taille optimale des carottes destinées à la transplantation. Seliskar (1990) a transplanté des carottes de 25 cm de diamètre et 20 cm de profondeur alors que Pomeroy et coll. (1981) ont utilisé des carottes de 10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur. Nous suggérons des carottes d'environ 15 x 15 cm (225 cm²) afin de s'assurer qu'elles contiennent des rhizomes suffisamment longs pour permettre une croissance rapide grâce à la présence des bourgeons et aux réserves d'hydrates de carbone. La profondeur d'enracinement qui varie d'un site à l'autre influencera la longueur de la carotte. En moyenne, 20 à 30 cm devraient être suffisants. Les couches superficielles de sédiments pourront être enlevées pour réduire la quantité et le poids de matériel à transporter.

La récolte doit se faire lorsque les plantes sont en dormance soit dès le départ des glaces jusque vers la mi-mai. Cette période coïncide avec le minimum de sédiments dans les marais. Une récolte automnale est probablement possible mais implique l'entreposage d'une grande quantité de matériel. Le site de récolte devra être identifié l'année précédente afin d'orienter le travailleur vers les parties du marais où le scirpe pousse en abondance. Il est aussi avantageux de choisir un site où le substrat est mou. Le travail peut être fait manuellement avec une pelle droite, une tarière ou un carotteur (Pomeroy et coll. 1981, Giroux et Bédard 1988c). Un système mécanisé (carotteur pneumatique, convoyeur automatisé, etc.) et un moyen de transport (tracteur, chevaux, véhicule

tout-terrain, hélicoptère) faciliteraient et accéléreraient le travail. Broome et coll. (1988) rapportent que la récolte de 150 carottes (5-7 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) de *Puccinellia maritima* requière 2 heures-personnes. Nous estimons qu'une personne peut récolter 200 carottes par jour dans les marais à scirpe du Québec si elle dispose d'un moyen de transport.

Conservation

Il est probablement possible de conserver les rhizomes contenus dans les carottes à l'état de dormance de la même façon que les sections de rhizomes récoltées individuellement. Il est donc important de garder les carottes humides à 2-3° C. Considérant l'espace requis pour entreposer un grand nombre de carottes, il serait avantageux d'alterner les opérations de récolte et de transplantation pour minimiser la période d'entreposage.

Transplantation

Les carottes sont placées dans des trous préalablement creusés d'environ 15 x 15 cm. Il est important de respecter l'orientation des rhizomes en plaçant la partie supérieure de la carotte sur le dessus. La profondeur du trou dépendra de l'épaisseur de la motte. Une attention particulière doit être apportée pour bien égaliser le terrain afin de prévenir l'accumulation de l'eau au-dessus du site de transplantation. Basé sur les travaux de Pomeroy et coll. (1981) et sur l'élongation des rhizomes observée dans des bassins de croissance (Giroux et Bédard 1987c), il est recommandé d'espacer les mottes d'environ 1 m. Broome et coll. (1988) rapportent que la transplantation

de 150 carottes (5-7 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) de *Puccinellia maritima* requière 3 heures-personnes. Nous estimons qu'une personne peut transplanter 150 carottes/jour si elle possède un moyen de transport.

Coûts et succès

On estime qu'il faudra 50 et 67 jours-personnes pour récolter et transplanter, respectivement, les 10,000 carottes nécessaires pour un ha de marais ce qui représente \$11,700 de main d'oeuvre à \$100/jour. Il faut aussi prévoir la location d'un moyen de transport pendant 20 jours à \$100/jour ainsi que \$500 de matériel. Le coût total est donc estimé à \$14,200.

Le succès de cette opération va être influencé par la phytomasse de rhizomes dans chaque carotte qui elle-même va dépendre de la phytomasse du site de récolte. En prélevant des carottes de 0.0225 m² dans la partie médiane du marais de Montmagny où Giroux et Bédard (1988b) ont mesuré 469 g/m² au printemps, on pourrait récolter 10.5 g de rhizomes qui produiraient environ 32 g à la fin de l'été si on accepte le modèle de la section 2.3. La phytomasse cible de 450 g/m² serait alors atteinte quatre ans après la transplantation.

Seliskar (1990) a réussi des transplantations réciproques au mois de décembre entre deux sites ayant différentes élévations sur des étales de dunes de sable côtières au Maryland. Pour leur part, Pomeroy et coll. (1981) ont transplanté plus de 500 carottes entre janvier et mars à trois sites dans l'estuaire du Fraser. Aux deux premiers sites, 69

et 71 % des carottes transplantées ont produit de la phytomasse aérienne à la fin du premier été. L'année suivante, les plantes transplantées avaient la même hauteur et la même proportion d'inflorescences que les plantes des sites donateurs. Au troisième site, la transplantation a été un échec en raison de la salinité trop élevée (13 ‰) et des vagues trop fortes.

La transplantation de carottes contenant des rhizomes est probablement la meilleure façon de propager *Scirpus americanus* car les opérations affectent peu les rhizomes. Par contre, cette technique est laborieuse et requière une certaine mécanisation.

3.1.5- Transplantation de plants sans substrat

Récolte

La récolte peut se faire à la main si le substrat est meuble ou avec une pelle. On essaie de prélever des plants comportant 3-4 tiges de 15 cm de hauteur attachés à un rhizome d'environ 15 cm de longueur. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, ceci peut être réalisé vers la mi-juin. La partie souterraine des plants peut être légèrement lavée pour enlever le sol et faciliter le transport. Une attention particulière doit être apportée afin de ne pas casser les tiges. Placer les plants dans des plateaux serait probablement adéquat. Broome et coll (1988) ainsi que Kruczynski (1982) ont respectivement évalué qu'une personne pouvait récolter manuellement 1,600 et 400 plants de *Spartina alterniflora*/jour. Dans les marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, une personne peut probablement récolter 350 plants par jour dans un site où le scirpe est abondant et le substrat pas trop ferme.

Conservation

Il est très important de conserver le matériel humide jusqu'à ce qu'il soit transplanté. A notre connaissance, la conservation prolongée de plants n'a jamais été réalisée et nous suggérons donc un délai maximum d'une journée.

Transplantation

Les plants doivent être placés dans des trous faits en poussant le sol avec une pelle de façon à ce que les rhizomes soient à environ 10 cm de profondeur. Le trou doit être bien refermé pour empêcher les plants de flotter et de sortir. Il faut également égaliser la surface du sol afin de prévenir l'accumulation de l'eau autour des tiges. Broome et coll (1988) ainsi que Kruczynski (1982) ont respectivement déterminé qu'une personne pouvait transplanter manuellement 1,600 et 150 plants de *Spartina alterniflora*/jour. La mécanisation des opérations telle qu'illustrée à la Figure 2 de Broome et coll. (1988) réduit le temps requis de moitié. Nous estimons que deux personnes travaillant en équipe peuvent transplanter manuellement 800 plants de scirpe/jour ou 400 plants/personne/jour. Une densité d'un plant/m² serait probablement adéquat pour commencer l'établissement d'un marais.

Coûts et succès

Les coûts de la main d'oeuvre reliés à la récolte et à la transplantation de plants représentent, respectivement, \$2,900 (29 jours-personnes) et \$2,500 (25 jours-personnes). L'utilisation de plateaux pour le transport augmente les dépenses associées au matériel

(\$1,000). Le coût total est donc estimé à \$6,400/ha en utilisant une densité de 1 plant/m². Le désavantage de cette technique est relié à la fragilité des tiges et à la possibilité de les casser lors des diverses manipulations. Cependant, il faudrait évaluer l'effet de ce problème sur la production subséquente en réalisant une expérience bien contrôlée. Un avantage de la technique réside dans le fait qu'il est plus pratique de transporter des tiges et racines que des carottes de terre. L'efficacité de cette technique en terme de phytomasse produite durant la première saison et durant les années subséquentes est inconnue.

Webb (1982) considère que *Scirpus americanus* se transplante le mieux avec quelques tiges et les racines associées sans toutefois donner de détails sur les techniques. S. Broome (comm. pers.) a déjà récolté des tiges et rhizomes de *S. americanus* ou *S. olneyi* poussant dans un substrat sablonneux et les a transplantés avec succès sur des résidus de dragage. L'expérience a été réalisée en avril en Caroline du Nord. Finalement, Seliskar (1990) a récolté de jeunes plants de scirpe dans des étales de dunes et les a transplantés avec succès dans un substrat sablonneux en serre.

3.1.6- Transplantation de plants avec substrat

Récolte

Nous recommandons de prélever des carottes de 15 x 15 cm incluant tiges et rhizomes. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, ceci peut être réalisé vers la mi-juin. La profondeur à laquelle la motte devra être prélevée va être fonction de la profondeur d'enracinement et variera

entre 20 à 30 cm. Le travail peut être fait manuellement avec une pelle droite en prenant soin de ne pas casser les tiges. Contrairement aux mottes sans tiges, il ne sera pas possible d'empiler les carottes avec tiges. Il faut donc prévoir des plateaux pour manipuler les mottes ainsi qu'un moyen de transport (tracteur, chevaux, véhicule tout-terrain). Nous estimons qu'une personne peut récolter et transporter environ 150 carottes/jour.

Conservation

Il est très important de conserver le matériel humide jusqu'à ce qu'il soit transplanté et de prévenir le bris des tiges. Quoique nous ne possédions pas de données, il est probablement possible de conserver les carottes avec tiges pendant quelques jours à l'extérieur.

Transplantation

Les carottes sont placées dans des trous préalablement creusés d'environ 15 x 15 cm. La profondeur du trou dépendra de l'épaisseur de la motte. Une attention particulière doit être apportée pour bien égaliser le terrain afin de prévenir l'accumulation de l'eau autour des tiges. Il est recommandé d'espacer les mottes d'environ 1 m. Nous considérons qu'une personne peut probablement transplanter 100 carottes/jour.

Coûts et succès

La transplantation de plants avec substrat est plus coûteux que la transplantation de carottes sans tiges car il est plus difficile de manipuler des mottes de terre avec des tiges. En plaçant une carotte

par m², nous estimons qu'il faudra 67 personnes-jours (\$6,700) pour la récolte, 100 personnes-jours (\$10,000) pour la transplantation et \$3,000 pour le matériel et la location d'un véhicule tout-terrain. Le coût total pour un ha de marais est estimé à \$19,700. Il est difficile de prédire le résultat d'une telle opération en terme de phytomasse produite après une ou plusieurs années.

Sean Boyd a effectué une expérience en 1990 sur une île située dans l'estuaire du Fraser et construite à partir de résidus sableux de draguage. Des carottes de 12.5 cm de diamètre et 20 cm de longueur ont été transplantées en mai alors que les nouvelles tiges atteignaient 10-20 cm. Les carottes ont été plantées approximativement à 0.5 m de distance et à la même hauteur sur la pente. Le protocole expérimental étant plutôt complexe (3 espèces, fertilisation, hauteur sur la pente), il est difficile d'évaluer l'effort et les coûts associés à cette opération. Les résultats préliminaires après un été de croissance indiquent que les plants de *Scirpus americanus* ont bien poussé (Boyd, comm. pers.). L'effet des conditions hivernales n'a pu être encore évalué mais il faut comprendre que les conditions sont beaucoup moins rigoureuses à Vancouver que dans les zones intertidales de l'estuaire du Saint-Laurent.

3.2- INTERVENTION EN MILIEU NATUREL

3.2.1- Sites potentiels de prélèvement

La récolte de matériel végétatif (rhizomes et plants avec ou sans substrat) doit s'effectuer à proximité du marais à créer ou à rétablir. Ceci réduit le temps et les coûts de transport et assure une certaine similarité des conditions du milieu (salinité, temps de submersion, etc.) entre les deux sites. L'accès au marais doit être aussi considéré selon le moyen de transport disponible. -

Il n'est probablement pas nécessaire de respecter précisément l'élévation du site à rétablir lors du choix d'un lieu de prélèvement à la condition que ce soit dans la même partie du marais. Seliskar (1990) a démontré par des transplantations réciproques que les facteurs environnementaux i.e. les conditions prévalant aux sites de croissance étaient plus importants que les traits héréditaires. Les plantes devraient donc s'adapter aux conditions du milieu de transplantation.

Nous recommandons de choisir un site où la productivité du scirpe est élevée afin de maximiser les efforts de récolte et de minimiser l'effet du prélèvement. La partie médiane des marais devrait généralement répondre à ce critère. Il est plus facile de prélever du matériel végétatif dans un substrat mou (loam argileux) que dans un site sablonneux ou rocailleux. Par contre, il serait intéressant de vérifier l'alternative d'utiliser des plants et rhizomes poussant sur un substrat sablonneux. Ces sites sont caractérisés par une très grande phytomasse aérienne et souterraine (voir section 2.3).

La plupart des marais existants sont des sites potentiels de récolte mais les plus intéressants sont ceux de Cap Tourmente, de Montmagny à l'exclusion du sanctuaire affecté par les oies (Giroux et Bédard 1987a), de Cap Saint-Ignace à l'exception du sanctuaire trop rocailleux (Giroux et Bédard 1988a), de l'Île aux Grues et de l'Islet-sur-Mer.

3.2.2- Effets de la récolte sur les sites de prélèvement

Le prélèvement de rhizomes ou de plants de *Scirpus americanus* diminuera sa production subséquente si on se fie aux résultats concernant l'effet du prélèvement par les oies (voir section 2.5). Warburton et coll. (1985) ainsi que Shisler (1990) ont d'ailleurs insisté sur l'importance de ne pas surutiliser un site afin d'assurer une récolte soutenue. Dans un premier temps, nous suggérons de prélever entre 20 et 30 % de la phytomasse souterraine. Une reconnaissance préalable du site à la fin de l'été permettra d'évaluer la phytomasse souterraine disponible à partir de la végétation aérienne (Giroux et Bédard 1988c). Cette information aidera à déterminer la quantité de matériel pouvant être prélevée.

Il est aussi suggéré d'alterner les sites de récolte pour diminuer l'effet du prélèvement (Shisler 1990). Une rotation de deux ans serait possiblement suffisante. Durant une étude réalisée à Montmagny, des sites protégés expérimentalement des oies blanches pendant 2 ans ont atteint des niveaux de production semblables à des sites peu ou pas utilisés par les oies (Giroux et Bédard 1987a). L'importance de la sédimentation dans les marais de l'estuaire du Saint-Laurent

contribuera à combler les trous créés par la récolte de carottes (Sérodes et Troude 1984, Lucotte et D'Anglejan 1986).

3.2.3- Caractéristiques des sites potentiels pour l'établissement de *Scirpus americanus*.

L'établissement de *Scirpus americanus* servira soit au rétablissement de marais perturbés ou à la création de nouveaux marais. Dans le premier cas, le rétablissement des conditions prévalant avant la perturbation devraient assurer le succès de la transplantation du scirpe. Dans le deuxième cas, cependant, une attention particulière devra être apportée dans le choix du site.

Woodhouse et Knutson (1982) ont d'abord souligné l'importance d'avoir un substrat stabilisé et une pente douce pour l'établissement d'un nouveau marais. Les sites plus productifs dans l'estuaire du Saint-Laurent se retrouvent autour de 3.4 m d'élévation marégraphique ce qui correspond à un temps de submersion d'environ 37 % (voir section 2.4). Il serait donc profitable de débiter la création d'un marais à cette élévation. De plus, les nouveaux marais devraient être créés dans des régions où la salinité de l'eau varie entre 0 et 5‰ (Deschênes et Sérodes 1985). Quant au substrat, les loams sabloneux supportent les phytomasses les plus élevées mais ces sites ne sont pas utilisées par les oies blanches pour leur alimentation (Giroux et Bédard 1988a,b). Le choix du substrat sera donc fonction de l'objectif principal de la création du marais.

3.2.4- Fertilisation des sites de transplantation

Les éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore ne sont probablement pas des facteurs limitants dans les marais à scirpe de l'estuaire du Saint-Laurent quoique ceci n'ait jamais été vérifié expérimentalement. Malgré ce fait, plusieurs auteurs recommandent de fertiliser afin d'accélérer l'établissement de la végétation (Knutson et Woodhouse 1982, Webb 1982, Woodhouse et Knutson 1982, Warburton et coll. 1985, Broome et coll. 1988, Broome 1990, Van der Putten 1990, Nawrot, comm. pers.).

En milieu intertidal, l'application d'un fertilisant à dégagement lent (granules tels qu'Osmocote) dans le trou de transplantation est préférable à l'épandage de surface (Woodhouse et Knutson 1982). Gilbert (1990a) a d'ailleurs établi que *Scirpus americanus* assimilait plus de N et P à partir des sédiments que de l'eau. Une seule application est requise au moment de la transplantation du rhizome, du plant ou de la carotte (Woodhouse et Knutson 1982).

Il n'existe aucune donnée concernant la quantité de fertilisant nécessaire pour accélérer la croissance des rhizomes ou des plants de scirpe nouvellement établis dans un marais. Boyd (comm. pers.) a noté que l'utilisation d'un fertilisant pour pelouse (21-2-3) en granules a favorisé la croissance de *Scirpus americanus* établi à partir de carottes transplantées avec tiges et rhizomes dans l'estuaire du Fraser. Seliskar (1990) a ajouté 20 ml d'Osmocote (10-10-10) par pot de 35 cm de hauteur et 10 cm de diamètre contenant des plants de scirpe

américain. Pour les marais à spartine, Broome (1990) suggère l'ajout d'environ 30 g de fertilisant (14-14-14) à dégagement lent (3 mois) dans chaque trou de transplantation. Finalement, Knutson et Woodhouse (1982) suggèrent une application équivalente à 100 kg de N/ha.

Nous recommandons de placer 30 g de fertilisant (14-14-14) à dégagement lent (3 mois) dans chaque trou creusé pour la transplantation du scirpe. Un fertilisant semblable à Osmocote est vendu sous la marque Nitricote par Labon Inc. (1350 Newton, Boucherville, (514) 641-1050) à environ \$100/20 kg, taxes incluses. Le coût total pour fertiliser 10,000 trous lors de l'établissement de 1 ha de marais est estimé à \$1,500. Ceci représente 300 kg de fertilisant/ha et équivaut à 42 kg de N/ha.

3.2.5- Effets des oies sur les sites de prélèvement et de transplantation

Le broutement des oies blanches a un effet marqué sur la production subséquente de *Scirpus americanus* (Giroux et Bédard 1987a,c). Les oies peuvent donc compromettre le succès d'établissement du scirpe dans les nouveaux marais et retarder la régénération dans les sites de prélèvement. Woodhouse et Knutson (1982), Warburton et coll. (1985) et Broome (1990) ont tous souligné l'importance de réduire l'effet des herbivores pour assurer l'établissement de la végétation dans les nouveaux sites.

L'exclusion des oies en milieu intertidal n'est pas facile à réaliser et l'érection d'exclos tels que décrits par Giroux et Bédard (1987a) ne peut s'appliquer à de grandes superficies. Nous suggérons plutôt d'étendre un treillis de polyéthylène avec une maille d'environ 2 x 3 cm. Ce grillage devra être disposé à chaque printemps dès le départ des glaces puis être enlevé après le départ des oies à l'automne. La durée de cette opération de protection dépendra de la rapidité à laquelle *Scirpus americanus* va s'établir dans le nouveau marais. Ce matériel est disponible sous la marque Cyntoflex (Clôtures Bel-Air, 400 Deslauriers, St-Laurent, (514) 335-4455) en rouleaux de 100 x 1.2 m au coût de \$245, taxes incluses. Nous estimons que 7 personnes ayant un moyen de transport dans le marais peuvent couvrir 1 ha/jour. Le coût total/ha incluant le grillage, les broches pour fixer le treillis (\$1,000) et la main d'oeuvre (\$100/jour) s'élèverait à \$22,300. Le même matériel pourrait être utilisé pour l'établissement de plusieurs marais amortissant ainsi la dépense initiale.

Au printemps, nous avons souvent observé des oies blanches se nourrir dans les trous résultant de l'excavation de matériel (Giroux, obs. pers.). Les oies semblaient même attirer par ces trous. Si le site de prélèvement est en plus visité par les oies, la production végétale de ce marais en sera d'autant plus diminuée. Nous considérons que l'effet des deux prélèvements sera additif et non compensatoire. Dans un premier temps, les opérations de récolte devraient s'effectuer en dehors de la période de migration des oies. De plus, le système de treillis proposé pour les sites de transplantation pourrait éliminer l'effet des oies durant la période de récupération du marais.

4- SCÉNARIO D'INTERVENTION & ÉTUDE PROPOSÉE

Le choix d'une méthode pour la propagation de *Scirpus americanus* doit tenir compte des ressources financières disponibles et du nombre d'années qu'on accepte d'attendre avant d'obtenir des valeurs de production moyennes. Plus le nombre de propagules transplantés est élevé, plus l'investissement initial est élevé et plus la production cible est atteinte rapidement. Les coûts associés aux différentes techniques revues à la section précédente varient entre-\$6,500 et \$21,500/ha et les périodes d'établissement entre 4 et 6 ans quoique le succès potentiel de certaines techniques est encore inconnu (Tableau 12). Ces coûts ne sont que des estimés sommaires n'incluant que les frais directs de la récolte et de la transplantation. Broome et coll. (1988) ont estimé que l'établissement de 1 ha de végétation par un contractuel incluant la planification, les frais indirects, les profits, le transport, la subsistance, la main d'oeuvre, le matériel et l'équipement coûte environ \$40,000 (CDN). Les périodes d'établissement sont aussi des estimés sommaires car elles sont basées sur des modèles préliminaires.

Nos connaissances actuelles ne nous permettent pas de comparer systématiquement chaque technique et d'établir un scénario d'intervention qui serait à la fois efficace et économiquement réalisable. Woodhouse et Knutson (1982) considèrent que la transplantation de plants est plus efficace car le matériel est peu dispendieux à obtenir et il est facile à manipuler, à transporter et à planter. A notre avis, la transplantation de rhizomes est encore plus

facile à effectuer mais l'efficacité relative des deux techniques pour le scirpe n'a jamais été établie. Dans certains cas, la transplantation de carottes avec ou sans tiges semble garantir l'établissement de la végétation (Pomeroy et coll. 1981, S. Boyd, comm. pers.). Le scénario que nous proposons consiste donc en une étude qui va nous permettre d'évaluer précisément les coûts associés à chaque technique et leur taux de succès. L'approche expérimentale récemment utilisée par Van der Putten (1990) devrait servir de modèle.

Tableau 12. Coûts et succès potentiel de différentes méthodes proposées pour établir un marais à scirpe dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Méthodes	Coûts/ha ¹	Succès potentiel ²
Ensemencement (100 graines/m ²)	\$ 18,300	?
Transplantation de 1 plant produit commercialement/m ²	14,000	?
Transplantation de 1 rhizome/m ²	6,500	6
Transplantation de 4 rhizome/m ²	21,500	4
Transplantation de 1 carotte/m ²	15,700	4
Transplantation de 1 plant/m ²	7,900	?
Transplantation de 1 carotte avec tiges/m ²	21,200	?

¹Dépenses directes incluant la fertilisation sauf pour l'ensemencement.

²Nombre d'années requis pour atteindre une phytomasse souterraine de 450 g/m².

Nous suggérons d'évaluer toutes les techniques décrites à la section 3.1 à l'exception de la transplantation des plants produits commercialement. Nous ne croyons pas prioritaire d'effectuer des expériences sur la conservation car il est facile de contourner le

problème en minimisant le délai entre la récolte et la transplantation.

Le site de prélèvement pourrait se situer à la réserve nationale de faune de Cap Tourmente. Ce site appartient au SCF et les équipements pour travailler dans les marais y sont disponibles. Le site de transplantation pourrait être situé sur les battures de Beauport. Les avantages de ce site sont la proximité de Cap Tourmente, la présence de marais à récupérer, l'utilisation faible de la région par les oies blanches et la collaboration possible avec le Service de l'Environnement du Ministère des Transport. Nous suggérons d'établir une série de parcelles de 10 x 10 m permettant un protocole aléatoire par blocs avec réplication de chaque traitement.

Zedler et Weller (1990) ont insisté sur l'importance de suivre l'évolution de la végétation dans les nouveaux sites. Dans le passé, trop d'essais ont été réalisés sans suivis détaillés et il est maintenant difficile d'évaluer l'efficacité des différentes techniques employées. Broome et coll. (1988) recommande un suivi de 10 ans. Nous croyons qu'un suivi annuel soit nécessaire pour les trois premières années puis un suivi à tous les deux ans. A notre avis, il est important de suivre l'évolution de la végétation tant dans les sites de prélèvement que dans les nouveaux sites. Il faut aussi noter les facteurs qui peuvent influencer la croissance tels que l'élévation, la salinité, le type de substrat, la sédimentation, les éléments nutritifs, l'effet des glaces, etc.

Aux sites de récolte, nous suggérons de mesurer la production dans les parcelles où les prélèvements auront lieu et dans des parcelles adjacentes témoins. Aux sites de transplantation, nous recommandons de mesurer la croissance saisonnière du *Scirpus americanus* à toutes les trois semaines à l'emplacement même où les propagules ont été transplantées. Ce suivi effectué seulement la première année permettra de comprendre les problèmes associés aux différentes méthodes. Par la suite, un suivi de la production devra être réalisé annuellement dans les parcelles ayant subi différents traitements et dans les parcelles témoins. L'ensemble de la parcelle devrait être échantillonné aléatoirement (i.e. même dans des emplacements où il n'y a pas eu de transplantation) de façon à suivre l'évolution de l'établissement du *Scirpus americanus* dans l'ensemble du site.

Tous les programmes de suivis réalisés dans le cadre d'expériences de propagation de *Scirpus americanus* devront suivre le même protocole de façon à permettre des comparaisons valables. Nous croyons que les techniques non-destructives mises au point par Giroux et Bédard (1988c) pour les marais à scirpe devraient être adoptées.

5- CONCLUSION

La création de marais à scirpe utilisant les méthodes proposées dans ce document s'avère dispendieuse et n'est peut-être pas une bonne stratégie pour améliorer les milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent. Les gestionnaires auront à déterminer le prix qu'ils considèrent acceptable pour la création de marais. Par contre, le rétablissement de marais détruits par les activités humaines ne devrait pas être soumis à la contrainte monétaire. L'idée du pollueur-payeur n'est présentement pas acceptée universellement, mais on peut espérer que notre société fasse ce choix dans un avenir rapproché. A ce moment-là, il sera nécessaire d'avoir les techniques pour restaurer les marais. Les suggestions proposées dans ce rapport sont rarement supportées par des évidences ou par des expériences concrètes dans le milieu concerné. Il nous apparaît donc essentiel d'entreprendre des études-pilotes au plus tôt afin d'évaluer sur le terrain les différentes techniques et d'en estimer précisément les coûts. Lorsque la société aura décidé d'investir et/ou de faire payer le pollueur-payeur, nous disposerons alors des meilleures techniques pour restaurer les marais à scirpe.

6- RÉFÉRENCES

- ANONYME. 1980. Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Rapport non publié préparé par le Groupe Dryade pour le service canadien de la faune.
- BÉDARD, J., et G. GAUTHIER. 1989. Comparative Energy Budgets of Greater Snow Geese *Chen-Caerulescens-Atlantica* Staging in 2 Habitats in Spring. *Ardea*. 77:3-20.
- BÉLANGER, L., J.-F. GIROUX, et J. BÉDARD. 1990. Effects of goose grazing on the quality of *Scirpus americanus* rhizomes. *Can. J. Zool.* 68:1012-1014.
- BOYD, C. E. 1970. Production, mineral accumulation and pigment concentrations in *Typha latifolia* and *Scirpus americanus*. *Ecology*. 51:285-290.
- BOYD, W. S. 1988. *Scirpus americanus*: its growth characteristics and variation on the Fraser and Skagit-Stillaguamish estuaries, summer 1987. C.W.S., Technical report series No. 44. British Columbia. 61 pp.
- BRIND'AMOUR, M., et V. LAVOIE. 1983. Évaluation de la dynamique et de la productivité nette de la végétation des marais intertidaux, région de Québec. Université Laval, Miméo. 190 pp.
- BROOME, S. W. 1990. Creation and restoration of tidal wetlands of the southeastern United States. Pages 37-72 in Kusler. J. A. et M. E. Kentula (éds). *Wetland creation and restoration*. Island Press. Washington, D.C. 595 pp.
- BROOME, S. W., E. D. SENECA, et W. W. WOODHOUSE, Jr. 1988. Tidal salt marsh restoration. *Aquat. bot.* 32:1-22.
- BURTON, B. A. 1977. Some aspects of the ecology of the lesser snow geese wintering on the Fraser River Estuary. M. Sc. thesis. Univ. British Columbia. Vancouver. 173 pp.
- BURTON, B. A., R. J. HUDSON, and D. D. BRAGG. (1979). Efficiency of utilization of bulrush rhizomes by lesser snow geese. *J. Wildl. Manage.* 43:728-735.
- CARBONNEAU, M., et J.-L. TREMBLAY. 1972. Étude du rôle de *Scirpus americanus* Pers. dans la dépollution des eaux contaminées par les métaux lourds. *Nat. Can.* 99:523-532.
- DE LA CRUZ, A. A. 1978. Primary production processes: summary and recommendations. Pages 79-86 in R. E. Good, D. F. Whigham et R. L. Simpson (éds). *Freshwater wetlands*. Academic Press, Inc. New York.
- DESCHENES, J., et J.-B. SÉRODES. 1985. The influence of salinity on *Scirpus americanus* tidal marshes in the St. Lawrence River estuary, Quebec. *Can. J. Bot.* 63:920-927. #1807).

- DESCHENES, J., et J.-B. SÉRODES. 1986. Recyclage des métaux et du phosphore par *Scirpus americanus* et *Spartina alterniflora* dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent Québec. Nat. can. 113:143-151.
- DIGNARD, N. 1990. Distribution du scirpe américain au Québec et localisation des principaux marais. in Bélanger, L. (éd.). Compte-rendu du mini-colloque sur les marais à scirpe du Québec, Ste-Foy, mars 1990. Rapport non publié du Service canadien de la faune, Environnement Canada.
- DISRAELI, D. J., et R. W. FONDA. 1979. Gradient analysis of the vegetation in a brackish marsh in Bellingham Bay, Washington. Can. J. Bot. 57:465-475.
- DORAN, M.-A. 1981. Utilisation par la grande oie blanche (*Anser caerulescens atlanticus*) de la végétation dans le marais intertidal de la réserve nationale de Cap-Tourmente, Québec. Thèse de M. Sc. Université Laval.
- EWING, K. 1983. Environmental controls in Pacific Northwest intertidal marsh plant communities. Can. J. Bot. 61:1105-1116.
- EWING, K. 1986. Plant growth and productivity along complex gradients in a Pacific northwest brackish intertidal marsh. Estuaries. 9:49-62.
- GAUTHIER, G., Y. BÉDARD, et J. BÉDARD. 1988. Habitat and activity budgets of greater snow geese in spring. J. Wildl. Manage. 52:191-201.
- GILBERT, H. 1990a. Éléments nutritifs (N et P), métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Hg) et productivité végétale dans un marais intertidal d'eau douce, Québec, Québec. Can. J. Bot. 68:857-863.
- GILBERT, H. 1990b. Productivité végétale dans un marais intertidal d'eau douce, Québec, Québec. Can. J. Bot. 68:852-856.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1987a. Effects of grazing by greater snow geese on the vegetation of tidal marshes in the St. Lawrence estuary. J. Appl. Ecol. 24:773-788.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1987b. Factors influencing aboveground production of *Scirpus* marshes in the St. Lawrence estuary. Aquat. Bot. 29:195-204.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1987c. Effects of simulated feeding by snow geese on *Scirpus americanus* rhizomes. Oecologia. 74:137-143.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1988a. Use of bulrush marshes by greater snow geese during staging periods. J. Wildl. Manage. 52:415-420.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1988b. Above- and belowground macrophyte production in *Scirpus* tidal marshes of the St. Lawrence estuary, Québec. Can. J. Bot. 66:955-962.

- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1988c. Estimating above- and belowground macrophyte production in *Scirpus* tidal marshes. *Can. J. Bot.* 66:368-374.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1988d. Age differences in the fall diet of greater snow geese in Québec. *Condor* 90:731-734.
- GIROUX, J.-F. et J. BÉDARD. 1990. Activity budgets of greater snow geese in fall. *Can. J. Zool.* 68:1012-1014.
- GRONDIN, P., J.-L. BLOUIN, et D. BOUCHARD. 1982. Étude de la végétation aquatique et riveraine du lac des Deux Montagnes et de la Rivière des Prairies. Le Groupe Dryade pour le MLCP. 80 pp.
- GRONDIN, P., R. JEAN, L. COUILLARD, et R. DUBUC. 1983. Végétation aquatique et riveraine du Lac St-Louis et du bassin de Laprairie. Le Groupe Dryade pour Hydro-Québec. 85 pp.
- HUTCHINSON, I. 1982. Vegetation-environment relations in a brackish marsh, Lulu Island, Richmond, B.C. *Can. J. Bot.* 60:452-462.
- ISELY, D. 1944. A study of conditions that affect the germination of *Scirpus* seeds. Cornell University Agricultural Experiment Station, Memoir 257. Ithaca, New York. 28 pp.
- JACQUES, D. 1981. Cartographie des îles de Boucherville à l'échelle de 1:1,000. Laboratoire de botanique appliquée de l'UQAM pour le MLCP.
- JACQUES, D. 1986. Cartographie des terres humides et des milieux environnants du Lac Saint-Pierre. Denis Jacques Enr. pour la COLASP. 70 pp.
- KEDDY, P. A., et T. H. ELLIS. 1985. Seedling recruitment of 11 wetland plant species along a water level gradient: shared or distinct responses? *Can. J. Bot.* 63:1876-1879.
- KEDDY, P. A., et P. CONSTABEL. 1986. Germination of ten shoreline plants in relation to seed size, soil particle size and water level: an experimental study. *J. Ecol.* 74:133-141.
- KNUTSON, P. L. et W. W. WOODHOUSE. 1982. Pacific coastal marshes. Pages 111-130 in Lewis, R. R. (éd.). *Creation and restoration of coastal plant communities*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 219 pages.
- KOYAMA, T. 1963. The genus *Scirpus* Linn. *Can. J. Bot.* 41:1107-1131.
- KRUCZYNSKI, W. L. 1982. Salt marshes of the northeastern Gulf of Mexico. Pages 71-87 in Lewis, R. R. (éd.). *Creation and restoration of coastal plant communities*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 219 pages.
- LACOURSIERE, E., et M. M. GRANDTNER. 1971. Contribution à l'étude écologique de la végétation riparienne de l'île d'Orléans. *Nat. Can. Québec.* 98:443-459.

- LACOURSIERE, E. et A. MAIRE. 1976. Étude écologique et cartographie de la végétation du littoral de la Baie de Rupert. Société d'énergie de la Baie-James. Direction de l'Environnement. 76 pp.
- LINTHURST, R. A. et R. J. REIMOLD. 1978. An evaluation of methods for estimating the net aerial primary productivity of estuarine angiosperms. *J. Appl. Ecol.* 15:919-931.
- LUCOTTE, M., et B. D'ANGLEJAN. 1986. Seasonal control of the Saint-Lawrence maximum turbidity zone by tidal-flat sedimentation. *Estuaries.* 9:84-94.
- McKELVEY, R. W. et N. A. M. VERBEEK. 1988. Habitat use, behaviour and management of trumpeter swans, *Cygnus buccinator*, wintering at Comox, British Columbia. *Can. Field-Nat.* 102:434-441.
- O'NEILL, E. J. 1972. Alkali bulrush seed germination and culture. *J. Wildl. Manage.* 36:649-652.
- PALMISANO, A. W. 1971. The effect of salinity on the germination and growth of plants important to wildlife in the gulf coast marshes. *Proc. of the Annual Conf. of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners.* 25:215-223.
- POMEROY, W. M., D. K. GORDON, et C. D. LEVINGS. 1981. Experimental transplants of brackish and salt marsh species on the Fraser River Estuary. Department of Fisheries and Oceans, Can. Techn. Rep. of Fish. and Aquat. Sci. No 1067. West Vancouver, British Columbia. 35 pp.
- PREVOST, M. B., et C. A. GRESHAM. 1981. Artificial establishment of saltmarsh bulrush seedlings in South Carolina. *Wildl. Soc. Bull.* 9:310-314.
- REED, A. 1990. Use of a freshwater marsh in the St. Lawrence estuary by greater snow geese. *in* Bélanger, L. (éd.). *Compte-rendu du mini-colloque sur les marais à scirpe du Québec, Ste-Foy, mars 1990.* Rapport non publié du Service canadien de la faune, Environnement Canada.
- SCHUYLER, A. E. 1974. Typification and application of the names *Scirpus americanus* Pers., *S. olneyi* Gray, and *S. pungens* Vahl. *Rhodora.* 76:51-52.
- SELISKAR, D. M. 1988. Waterlogging stress and ethylene production in the dune slack plant, *Scirpus americanus*. *J. Exp. Bot.* 39:1639-1648.
- SELISKAR, D. M. 1990. The role of waterlogging and sand accretion in modulating the morphology of the dune slack plant *Scirpus americanus*. *Can J. Bot.* 68:1780-1787.
- SÉRODES, J.-B. et J.-P. TROUDE. 1984. Sedimentation cycle of a freshwater tidal flat in the St. Lawrence estuary, *Estuaries* 7:119-127.

- SÉRODES, J.-B., J. DESCHENES, et J.-P. TROUDE. 1985. Temps de submersion des marais à scirpe (*Scirpus americanus*) de l'estuaire du Saint-Laurent. *Nat. Can.* 112:119-129.
- SHEW, D. M., R. A. LINTHURST, et E. D. SENECA. 1981. Comparison of production computation methods in a southeastern North Carolina *Spartina alterniflora* salt marsh. *Estuaries* 4:97-109.
- SHIPLEY, B., P. A. KEDDY, D. R. J. MOORE, et K. LEMKY. 1989. Regeneration and establishment strategies of emergent macrophytes. *J. Ecol.* 77:1093-1110.
- SHISLER, J. K. 1990. Creation and restoration of coastal wetlands of the northeastern United States. Pages 143-170 in Kusler, J. A. et M. E. Kentula (éds). *Wetland creation and restoration*. Island Press. Washington, D.C. 595 pp.
- SMITH, T. J. III, et W. E. ODUM. 1981. The effects of grazing by snow geese on coastal salt marshes. *Ecology* 62:98-106.
- VAN DER PUTTEN, W. H. 1990. Establishment of *Ammophila arenaria* (Marram grass) from culms, seeds and rhizomes. *J. Appl. Ecol.* 27:188-199.
- WALSH, G. E., D. E. WEBER, L. K. BRASHERS, et T. L. SIMON. 1990. Artificial sediments for use in tests with wetland plants. *Env. Exp. Bot.* 30:391-396.
- WARBURTON, D. B., W. B. KLIMSTRA, et J. R. NAWROT. 1985. Aquatic macrophyte propagation and planting practices for wetland development. Pages 139-152 in Brooks, R. P., D. E. Samuel, et J. B. Hill (éds). *Proc. Wetlands and Water Management on Mined Lands Conf.* Pennsylvania State Univ.
- WEBB, J. W., J. D. DODD, B. H. KOERTH, et A. T. WEICHERT. 1984. Seedling establishment of *Spartina alterniflora* and *Spartina patens* on dredged materials in Texas. *Gulf Res. Rep.* 7:325-329.
- WEBB, J. W. 1982. Salt marshes of the western Gulf of Mexico. Pages 89-109 in Lewis, R. R. (éd.). *Creation and restoration of coastal plant communities*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 219 pages.
- WOLF, R. B., L. C. LEE, et R. R. SHARITZ. 1986. Wetland creation and restoration in the United States from 1970 to 1985: an annotated bibliography. *Wetlands* 6:1-88.
- WOODHOUSE, W. W., et P. L. KNUTSON. 1982. Atlantic coastal marshes. Pages 45-70 in Lewis, R. R. (éd.). *Creation and restoration of coastal plant communities*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 219 pages.
- ZEDLER, J. B. et M. W. WELLER. 1990. Overview and future directions. Pages 405-413 in Kusler, J. A. et M. E. Kentula (éds). *Wetland creation and restoration*. Island Press. Washington, D.C. 595 pp