

**SUIVI DE LA VÉGÉTATION DU MARAIS À SCIRPE DE LA RÉSERVE NATIONALE
DE FAUNE DU CAP TOURMENTÉ (1971-2000)**

Josée Lefebvre, Université du Québec à Montréal, Département des Sciences biologiques, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal (Québec), H3B 3H5

Austin Reed, Environnement Canada, Direction de la conservation de l'environnement, Service canadien de la faune, 1141 route de l'Église, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

Jean-François Giroux, Université du Québec à Montréal, Département des Sciences biologiques, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal (Québec), H3B 3H5

Nathalie Plante, Environnement Canada, Direction de la conservation de l'environnement, Service canadien de la faune, 1141 route de l'Église, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

Luc Bélanger, Environnement Canada, Direction de la conservation de l'environnement, Service canadien de la faune, 1141 route de l'Église, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N° 371

Service canadien de la faune
Région du Québec 2001

© Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2001
Numéro de catalogue CW 69-5/371F
ISBN 0-662-86192-2

Copies disponibles auprès du :

Service canadien de la faune
Région du Québec
1141, route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

RÉSUMÉ

Dans le cadre du plan de gestion intégrée de la Grande Oie des neiges établi par le Service canadien de la faune, il a été proposé de poursuivre le suivi des marais à Scirpe de la Réserve nationale de faune (RNF) de Cap Tourmente initié en 1971. L'objectif du présent rapport est de faire le bilan de la situation actuelle de ces marais intertidaux en intégrant les résultats de l'année 2000. Toutes les procédures de compilation et traitements des données sont décrites et fournies sur support informatique afin de faciliter la poursuite du suivi.

Les plants des principales espèces végétales (Scirpe américain, Zizanie aquatique et Sagittaire) ont été dénombrés dans deux secteurs soit celui du Centre d'histoire naturelle et de la Petite Ferme sur des périodes respectives de 6 (1976-1981) et 30 ans (1971-2000). À chaque secteur, un total de 375 places échantillons (30,48 x 30,48 cm) étaient disposées dans trois zones du marais (proximale, médiane et distale). Le nombre de tiges constituant chaque plant de Zizanie et de Sagittaire a aussi été noté. Finalement, la longueur des plants de Scirpe américain est mesurée depuis 1992 dans 33 places échantillons.

Dans le secteur de la Petite Ferme, on note une diminution de la densité de plants de Scirpe américain de 48% depuis 1971 résultant en une diminution de 82 g/m² de rhizomes. Aucune tendance n'a été décelée dans la densité des tiges de Zizanie aquatique ou de plants de Sagittaire. Par contre, on a constaté une baisse récente dans la densité de plants de Zizanie et une augmentation importante au cours de la dernière année de la densité de la Sagittaire. Pour le secteur du Centre d'histoire naturelle, la densité des plants de Scirpe américain était corrélée et non significativement différente de celle observée à la Petite Ferme. Ceci indique que les tendances à la baisse observées à la Petite Ferme sur une plus longue période s'appliquent probablement au secteur du Centre d'histoire naturelle. Ces deux secteurs ne sont pas fréquentés par les chasseurs ce qui pourrait entraîner une plus grande utilisation par les oies. Par contre, considérant leur proximité aux secteurs où la chasse se déroule, la faible densité de chasseurs sur la réserve et l'absence de chasse durant les fins de semaine, on pourrait croire que les observations réalisées dans les deux secteurs d'étude s'appliquent à l'ensemble du marais de Cap Tourmente. Ceci demande toutefois d'être validé.

La présence continue des oies dans ces marais à l'automne et au printemps est le facteur le plus apparent qui serait responsable de la baisse du Scirpe. Par contre, on ne retrouve pas d'effet négatif du nombre d'oies sur la densité de tiges durant la saison de croissance suivante. L'effet de d'autres variables environnementales telles que la qualité et quantité des sédiments ne peut être éliminé pas plus que celui des changements hydrologiques du fleuve Saint-Laurent. La fréquentation de la RNF de Cap Tourmente par les oies a récemment diminué et ceci semble être une conséquence de la dégradation des marais. D'autre part, selon une étude analogue réalisée dans les marais de la Côte-du-Sud, on devrait observer une augmentation de la production du Scirpe suite à une diminution de la pression de broutement. Or, une telle récupération n'a pas encore été observée à Cap Tourmente ce qui indique que le seuil critique permettant une récupération rapide a peut-être été dépassé.

Il est recommandé de poursuivre le suivi de la végétation des marais à Scirpe de la RNF de Cap Tourmente à tous les deux ans. D'autre part, l'utilisation d'exclos permanents permettrait de dissocier l'effet du broutement des oies de celui des autres variables environnementales influençant la production de ces marais. Ceci permettrait d'orienter plus facilement les actions de gestion subséquentes. Finalement, il est suggéré d'initier un suivi de la production du Scirpe dans les autres secteurs du marais particulièrement dans ceux utilisés par les chasseurs à l'automne et de faire un inventaire de l'utilisation des différents secteurs par les oies afin de savoir si les tendances observées dans les secteurs à l'étude s'appliquent à l'ensemble du marais de la RNF.

Si on démontre que la diminution de la production de scirpe est effectivement reliée au broutement des oies, des mesures d'aménagement devraient être mises en place pour réduire l'intensité de broutement des Grandes Oies des neiges sur les marais: l'instauration de la chasse la fin de semaine et une rotation de chasseurs lorsque les limites de prises sont atteintes couplée à une augmentation de l'attrait des terres agricoles adjacentes pourraient être envisagées.

INTRODUCTION

Au cours de ses haltes migratoires printanières et automnales dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, la Grande Oie des neiges (*Chen caerulescens atlanticus*) utilise intensément les 3,000 ha de marais à Scirpe situés à l'est de la ville de Québec (Giroux *et al.* 1998). La communauté végétale de ces marais est principalement composée de Scirpe américain (*Scirpus pungens* autrefois appelé *Scirpus americanus* et aussi connu sous le nom de *Schoenoplectus pungens*), de Scirpe de Torrey (*S. torreyi*), de Zizanie aquatique (*Zizania aquatica* var. *brevis*), de Sagittaire (*Sagittaria* spp.), d'Éléocharide (*Eleocharis* spp.) et de Bident (*Bidens* spp.). Lorsqu'elles utilisent les marais, une proportion importante de leur budget d'activité est consacrée à l'alimentation (Giroux et Bédard 1990, Bélanger et Bédard 1995). Les Grandes Oies des neiges se nourrissent alors principalement du rhizome du Scirpe américain et complètent leur alimentation avec les autres espèces végétales présentes (Giroux et Bédard 1988a, Bédard et Gauthier 1989).

La Réserve nationale de faune (RNF) de Cap Tourmente a toujours été un des lieux privilégiés pour la halte migratoire des oies. La population de la Grande Oie des neiges qui doublait à tous les huit ans jusqu'à tout récemment, cause une pression importante sur ces marais intertidaux (Reed *et al.* 1998). La situation pourrait devenir encore plus préoccupante considérant que la récolte de conservation instaurée en 1999 dans les terres agricoles risque d'augmenter l'utilisation des marais par les oies au printemps (Giroux, données non publiées).

Depuis 1971, un suivi de la production des principales espèces de plantes des marais de la RNF de Cap Tourmente a été instauré par le Service canadien de la faune (Reed 1989). Ce suivi est un outil essentiel à la connaissance de l'impact des oies sur les marais ainsi qu'à la gestion du milieu et de la population d'oies.

L'objectif principal de ce rapport est de faire le bilan sur l'état actuel des marais intertidaux de la RNF de Cap Tourmente en intégrant les résultats de l'inventaire réalisé à l'année 2000. Ce bilan est requis dans le cadre du plan de gestion de la Grande Oie des neiges établi par le Service canadien de la faune et qui doit être remis constamment à jour dans une perspective d'aménagement adaptatif (Adaptive Resource Management, Williams *et al.* 1999). Des recommandations portant sur la

poursuite du suivi, sur la réalisation d'études complémentaires et sur la gestion de la RNF sont formulées afin de préserver l'intégrité des marais à Scirpe.

Afin de faciliter la gestion à long terme des données, tous les fichiers informatisés et les procédures statistiques permettant la compilation et l'analyse des données ont été placés en annexe et sur support informatique.

MÉTHODES

Échantillonnage de la végétation

L'échantillonnage du marais à Scirpe de la RNF de Cap Tourmente a été effectué à toutes les années entre 1971 et 1984, puis à tous les deux ans jusqu'en 2000, pour un total de 22 relevés échelonnés sur 30 ans. Deux sites étaient à l'étude, soit le secteur du Centre d'histoire naturelle (1976-1981) et celui de la Petite Ferme (1971-2000).

Pour chaque site, l'échantillonnage s'est effectué dans la partie proximale (Zone 1), médiane (Zone 2) et distale (Zone 3) du marais par rapport à la ligne des hautes eaux (Fig. 1). Les zones 1 et 3 comprenaient respectivement trois et six lignes mesurant 150 m chacune et disposées parallèlement à l'écart tandis que la Zone 2 comportait six lignes de 400 m perpendiculaires à l'écart. La distance entre chaque ligne était de 1,5 m pour les trois zones. Chaque ligne comportait 25 places échantillons mesurant 30,48 x 30,48 cm (12 x 12 pouces). Les places échantillons étaient espacées de 6 m dans la Zone 1 et de 15 m dans les zones 2 et 3. Même si l'emplacement des lignes n'était pas localisé de façon permanente sur le terrain, on estime que les mêmes sites (± 20 m) étaient échantillonnés à chaque inventaire. L'abondance totale des tiges et/ou des plants de Scirpe américain, de Zizanie aquatique, de Sagittaire et de Bident a été déterminée dans chacune des 375 places échantillons. La présence d'Éléocharide a aussi été notée selon un indice d'abondance (0: absence; 1: 1 - 10 plants; 2: 10 - 100 plants; 3: > 100 plants). Les mesures de la longueur des parties vertes et blanches (partie sans chlorophylle enfouie dans la vase) des plants de Scirpe américain ainsi que la présence d'inflorescence sont notées depuis 1992 dans 33 places échantillons de la Petite Ferme (voir places échantillons encadrées, Figure 1). En 1990 et 1992, nous avons aussi noté la densité des tiges ainsi que la biomasse des rhizomes du Scirpe

dans 21 places-échantillons. La biomasse souterraine était déterminée en prélevant les carottes de 30,48 x 30,48 cm jusqu'à une profondeur de 38 cm. Le matériel était lavé sur un tamis (maille de 1-mm²) puis trié selon l'espèce et l'état (mort ou vivant). Le matériel vivant était ensuite séché pendant 24-48 h à 100°C puis pesé (Reed 1989).

Inventaires des oies

Les données d'inventaires d'oies ont été obtenues par des dénombrements quotidiens réalisés à chaque automne de 1971 à 2000 (A. Reed, données non publiées). Ces inventaires quotidiens étaient réalisés tôt le matin en évaluant le nombre d'oies dans les champs et dans les milieux humides (marais à scirpe, eau, batture et pointe de sable). Les données sont compilées dans le fichier **INV_OIES.xls**.

Compilation des données

L'ensemble des données brutes des inventaires des plantes des marais intertidaux de la RNF de Cap Tourmente de 1971 à 2000 est contenu dans le fichier **TIGE1971_2000.XLS**.

Pour la Sagittaire et la Zizanie, seul les tiges ont été dénombrées durant certaines années. Une équation de régression a donc été établie entre le nombre de plants et le nombre de tiges pour les années où les deux paramètres ont été mesurés (**RÉGRESSION.SAS**, **RÉGRESSION.LOG**). Pour la Sagittaire, la relation expliquait 62% de la variation (nombre de plants = 0,8225 + 0,2520 * nombre de tiges; F=3876; dl = 1 & 2410; p<0,0001) alors que pour la Zizanie, la relation n'expliquait que 14% de la variation (nombre de plants = 3.504 + 0,0818 * nombre de tiges; F=183.6; dl = 1 & 1102; p<0,0001). Nous avons donc utilisé le nombre de plants pour la Sagittaire et le nombre de tiges pour la Zizanie sauf durant les années où nous avons aussi le nombre de plants de Zizanie.

À l'aide de la procédure **MOYENNE.SAS**, on a d'abord créé les fichiers **TI71_00.SD2** (données par quadrat) et **TI71_00B.SD2** où la densité moyenne des espèces est calculée pour chacune des lignes (25 places échantillons), la ligne étant l'unité d'échantillonnage de base.

Par la suite, la procédure **DENSITE.SAS** a permis d'obtenir, pour chacun des sites d'étude, années, zones et espèces, l'estimation de la densité moyenne par le calcul de la moyenne des lignes (**DENSITE_1.LOG**). La variance de la densité annuelle moyenne a été calculée selon l'équation s^2/n , où s^2 est la variance entre les lignes et n est le nombre de lignes; vs^2 représente l'écart-type.

Toujours avec la même procédure (**DENSITE.SAS**), on a obtenu l'estimation globale des densités annuelles moyennes pondérées selon la superficie de chacune des zones (**DENSITE_1.LOG**) et créé le fichier comportant ces données (**DENSITES.SD2**). L'estimateur étant stratifié, les zones sont donc considérées comme des strates. La superficie de chacune des zones a été évaluée en 1977 et 1984 afin de déterminer le poids de chacune d'entre elles : 6,6%, 64,8% et 28,6% pour les zones 1, 2 et 3, respectivement. Selon Cochran (1977), si w_h est le poids de la zone h , \bar{y}_h la densité moyenne observée et $v(\bar{y}_h)$ la variance de la densité moyenne pour une année donnée, la densité moyenne globale est estimée par $\sum_h w_h \bar{y}_h$ et la variance par $\sum_h w_h^2 v(\bar{y}_h)$.

Les données brutes de mesures de longueur des plants de Scirpe américain sont compilées dans le fichier **HAUTEUR1992_2000.XLS**. En appliquant la procédure **CALCUL.SAS**, trois fichiers sont créés. Le premier fichier **HT92_00.SD2** contient les données brutes, le deuxième, **HTR92_00B.SD2**, les données de longueur moyenne des plants (parties vertes et blanches) de Scirpe par ligne (1 à 3 places échantillons) et le troisième, **HTR_BIO.SD2**, les données de biomasse moyenne/m² par ligne qui est obtenue par le produit du nombre de tiges (25 places échantillons) et la biomasse des tiges, elle-même obtenue par une équation allométrique décrite par Giroux et Bédard (1988b) et basée sur la longueur de la partie verte des plants de Scirpe américain.

Par les procédures **HAUTEUR.SAS**, **HAUTEUR_ZONE.SAS** et **BIOMASSE.SAS**, une estimation de la longueur moyenne annuelle, de la longueur moyenne annuelle par zone ainsi qu'une biomasse moyenne annuelle pondérée selon les zones pour le Scirpe américain ont été calculées (**HAUTEUR.LOG**, **HAUTEUR_ZONE.LOG** et **BIOMASSE.LOG**). La variance a été calculée par la même méthode que pour les densités annuelles moyennes et les densités annuelles moyennes pondérées. Un

facteur de correction a été appliqué sur les données de biomasse puisque l'échantillonnage non destructif (ND) sous-estime la valeur de biomasse obtenue par échantillonnage destructif (D). Ce facteur a été calculé à partir des valeurs publiées dans Giroux et Bédard (1988b) sans forcer la droite de régression par l'origine. Les équations sont les suivantes :

Scirpus pungens : $D=20,818 + 0,656 \text{ ND}$

Zizania aquatica : $D=1,906 + 0,854 \text{ ND}$

Scirpus torreyi : $D=-0,340 + 0,920 \text{ ND}$

Sagittaria spp : $D=1,709 + 0,483 \text{ ND}$

Cyperus rivularis : $D=0,023 + 0,119 \text{ ND}$

Autres espèces : $D=\text{ND}$

Analyses statistiques

Un test d'ajustement (*lack-of-fit test*) a montré que le modèle de régression de la densité annuelle moyenne des plants par ligne fluctuait de façon importante autour de la droite de régression en fonction des années. La transformation par la racine carrée a permis de mieux rencontrer les postulats de base (normalité et homogénéité de la variance des résidus). Toutes les régressions des tendances par zone et de la tendance globale dans les deux sites ont été effectuées avec la racine carrée des densités annuelles moyennes de toutes les années grâce à la procédure **ZONE.SAS** (**ZONE_SCPF.LOG**, **ZONE_ZIZ.LOG**, **ZONE_SAG.LOG**, **ZONE_SCCH.LOG** et **ZONE_SCPF'.LOG**). Dans le cas d'autocorrélation décelée par le test de Durbin-Watson, les modèles étaient rajustés aux densités annuelles des années paires seulement (Neter et Wasserman 1974). L'année 1972 étant manquante, l'année 1971 a été utilisée (**ZONEP.SAS**, **ZONEP_SCPF.LOG**, **ZONEP_ZIZ.LOG**, **ZONEP_SAG.LOG**).

L'estimation de la variation des densités de plants et de tiges des différentes espèces est basée sur des valeurs prédites par les modèles de régression. Si $\hat{\beta}_0$ et $\hat{\beta}_1$ sont les paramètres estimés du modèle de régression de la racine carré des densités annuelles moyennes, la valeur prédite pour l'année i ($i = 1971, 1972, 1973, \dots$) est alors estimée par l'équation $(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)^2 + MSE$, où MSE est le carré moyen des résidus du

modèle (Miller 1984). La variation absolue entre les années i et j peut donc être estimée par $\hat{\Delta} = \text{pred}_j - \text{pred}_i$ et la variation relative par $\hat{\Delta}_r = (\text{pred}_j - \text{pred}_i) / \text{pred}_i$.

En utilisant les données récoltées en 1990 et 1992, nous avons établi une relation entre la densité de plants de Scirpe américain et la biomasse des rhizomes (**RHIZOMES.SAS**, **RHIZOMES.LOG**) ce qui nous a permis de calculer la biomasse de rhizomes correspondant au nombre de plants durant la période d'étude.

Dans le secteur de la Petite Ferme, des analyses de corrélation ont été effectuées entre les densités annuelles moyennes par zone et globales (**CORRELATION.SAS**, **CORRELATION.LOG**) afin de connaître l'influence potentielle d'une espèce sur une autre. Une analyse de corrélation de Spearman a été utilisée puisque les ensembles de données n'avaient pas une distribution normale.

Toujours dans le secteur de la Petite Ferme, des analyses de variance ont été effectuées afin de vérifier s'il existait des différences annuelles pour les longueurs et les biomasses pondérées du Scirpe américain (**HAUTEUR.LOG**). Afin de comparer les deux sites, une analyse de variance à 2 critères (site et année, **VAR_ANN.SAS**) a été utilisée pour étudier la variation annuelle de la densité des plants de Scirpe américain pour chaque zone entre 1976 et 1981 (**VAR_ANN.LOG**). Pour une comparaison globale des variations annuelles, une analyse de variance à 3 critères (site, année et zone, **VAR_ANNGL.SAS**) a été employée (**VAR_ANNGL.LOG**).

Une analyse de corrélation de Pearson de la densité annuelle moyenne de 1976 à 1981 normalisée à l'aide d'une procédure de racine carrée a été effectuée afin de comparer la tendance globale entre les deux sites (**TENDANCE.SAS** et **TENDANCE.LOG**). Finalement, les relations entre les oie-jours dénombrés à l'automne et le nombre de tiges enregistrés l'été précédent ou suivant ont été analysées à l'aide de régression linéaire simple (**RELATION_OIES_SCIRPE.SAS** et **RELATION_OIES_SCIRPE.LOG**).

RÉSULTATS

Seulement les résultats concernant le Scirpe américain, la Zizanie aquatique et la Sagittaire sont présentés dans ce rapport puisque les autres espèces représentent

qu'une faible proportion de la biomasse végétale totale dans les marais à Scirpe de la RNF de Cap Tourmente.

Secteur de la Petite Ferme

Tendances par zone

On a noté un problème d'indétermination de la présence d'autocorrélation entre les résidus lorsque toutes les années étaient incluses pour la densité des plants de Scirpe américain de la Zone 1. En réajustant le modèle aux densités annuelles des années paires seulement, il n'y avait plus ce problème. Par contre, si on compare les résultats en utilisant les données de toutes les années avec ceux des années paires seulement, la tendance reste significative et la diminution de la densité des plants de Scirpe demeure la même (toutes les années : $F=28,38$, $\Delta_r=-0,84$; $r^2=0,59$, $dl=1$ & 20 ; $p<0,0001$; années paires : $F=24,94$, $\Delta_r=-0,84$; $r^2=0,66$, $dl=1$ & 13 ; $p=0,0002$). Il n'y avait pas d'autocorrélation pour les deux autres zones et les données de toutes les années ont pu être utilisées. La densité de Scirpe a baissé de façon significative dans la Zone 2 ($F=12,49$; $\Delta_r=-0,52$; $r^2=0,38$; $dl=1$ & 20 ; $p=0,002$), alors qu'elle est demeurée stable dans la Zone 3 ($F=1,66$; $r^2=0,08$; $dl=1$ & 20 ; $p=0,212$).

Il y avait une autocorrélation positive pour les densités de tiges de Zizanie dans les zones 1 et 2 indiquant une dépendance des données entre les années successives. Quant à la Zone 3, il y avait un problème d'indétermination de l'autocorrélation. En réajustant les trois modèles pour les années paires seulement, ces problèmes ont été écartés. Dans la Zone 3, il y avait une hausse significative du nombre de tiges de Zizanie ($F=12,10$; $\Delta_r=9,62$; $r^2=0,48$; $dl=1$ & 13 ; $p=0,004$) alors qu'aucune tendance n'a été notée dans la Zone 1 ($F=0,71$; $r^2=0,05$; $dl=1$ & 13 ; $p=0,416$) et 2 ($F=0,54$; $r^2=0,04$; $dl=1$ & 13 ; $p=0,476$).

Concernant la densité des plants de Sagittaire de la Zone 3, il y avait une autocorrélation positive entre les résidus du modèle. En analysant seulement les années paires, on obtient une indétermination de la présence d'autocorrélation. Toutefois, la tendance à la hausse de la densité de plants demeure significative et du même ordre de grandeur en utilisant toutes les données ($F=13,56$; $\Delta_r=-5,35$; $r^2=0,43$; $dl=1$ & 18 ; $p=0,002$) ou celles des années paires seulement ($F=9,11$; $\Delta_r=4,26$; $r^2=0,41$;

dl=1 & 13; p=0,01). Il y avait aussi une augmentation significative de la densité de plants de Sagittaire dans la Zone 1 (F=26,46; $\Delta_r=10,89$; $r^2=0,60$; dl=1 & 18; p<0,0001) mais aucune tendance pour la Zone 2 (F=0,001; $r^2=0,02$; dl=1 & 18; p=0,970).

Tendances globales

Le test de Durbin-Watson n'a pas révélé d'autocorrélation significative pour la tendance globale de la densité de plants de Scirpe en utilisant toutes les années d'étude. De 1971 à 2000, la densité de plants de Scirpe américain a subi une baisse significative de 48% (F=13,16; $\Delta_r=-0,48$; $r^2=0,40$; dl=1 & 20; p=0,0017; Tableau 1, Fig. 2).

La relation entre la densité de plants et la biomasse des rhizomes était hautement significative (rhizomes (g/m²) = 31,3634 + 0,4055 * nombre de plants/m²; F=62,38; $r^2=0,77$; dl= 1 & 19; p<0,0001). La biomasse de rhizomes correspondant au nombre de plants est donc passée de 194 g/m² en 1971 à 112 g/m² en 2000, soit une perte de 82 g/m² en 30 ans.

Pour les modèles de la densité des tiges de Zizanie aquatique et des plants de Sagittaire, on passe d'une autocorrélation positive à une indétermination de la présence d'autocorrélation en ajustant le modèle pour les années paires seulement. Dans un cas comme dans l'autre, les tendances ne sont pas significatives tant pour la Zizanie (toutes les années: F=1,52; $r^2=0,08$; dl=1 & 18; p=0,233; années paires: F=0,63; $r^2=0,05$; dl=1 & 13; p=0,44, Tableau 1 et Fig. 3) que la Sagittaire (toutes les années: F=0,50; $r^2=0,03$; dl=1 & 18; p=0,490; années paires: F=0,04; $r^2=0,003$; dl= 1 & 13; p=0,844; Tableau 1 et Fig. 4). Par contre, la densité des plants de Zizanie a significativement diminué (58%) entre 1994 et 2000 (F=356,68; dl=3 & 56; p<0,0001; Tableau 1).

Fluctuations des densités par zone

Des analyses de corrélation entre les densités annuelles moyennes des différentes espèces ont été effectuées pour chacune des trois zones. Dans la Zone 1, on a dénoté une corrélation négative entre la densité des plants de Scirpe et de tiges de Zizanie ($r_s=-0,53$; n=20; p=0,02) ainsi qu'entre les plants de Scirpe et ceux de Sagittaire ($r_s=-0,62$; n=20; p=0,001). Pour la Zone 2, aucune corrélation n'était significative.

Finalement, seule la densité des tiges de Zizanie était corrélée positivement avec celle des plants de Sagittaire dans la Zone 3 ($r_s=0,68$; $n=20$; $p=0,001$).

Fluctuation globale des densités

Aucune relation significative entre les densités annuelles moyennes de plants ou de tiges de Scirpe américain, de Zizanie aquatique et de Sagittaire n'a été obtenue (voir **CORRELATION.LOG**).

Longueur moyenne des plants et biomasse aérienne du Scirpe américain

L'analyse de variance des plants de Scirpe américain indique une longueur moyenne (partie verte) significativement plus élevée en 1994 par rapport aux autres années ($F=9,05$; $dl = 4 \text{ \& } 70$; $p<0,001$; Tableau 2). Ce résultat est intéressant car on a observé une des plus faibles densités de plants en 1994 (Tableau 1). Lorsque la biomasse des plants dérivée des équations allométriques est jumelée à la densité des plants, on observe une biomasse aérienne plus élevée en 1994 ($F=72,23$; $dl = 4 \text{ \& } 70$; $p<0,0001$; Tableau 2).

La longueur de la partie blanche des plants de scirpe est un indice de la profondeur des rhizomes dans les sédiments et donne donc une indication de la profondeur d'enracinement des rhizomes et de l'épaisseur de sédiments accumulés. Globalement, on observe une augmentation significative constante de ce paramètre entre 1992 et 2000 ($F=4,62$; $dl = 4 \text{ \& } 70$; $p=0.002$; Tableau 2). Cet allongement de la partie blanche est surtout attribuée à l'augmentation significative observée dans la Zone 3 (Tableau 3). En 2000, la portion blanche des plants était plus longue dans la zone 3, suivie de la zone 2 puis de la zone 1. Quant à la portion verte des plants, elle tend à être plus courte dans la Zone 3 mais la différence n'est pas significative à chaque année. D'autre part, les différences annuelles de longueur des plants observée dans chaque zone ne montrent pas de tendances particulières (Tableau 3).

Comparaisons avec le secteur du Centre d'histoire naturelle

Les données recueillies entre 1976 et 1981 dans le secteur du Centre d'histoire naturelle montrent une baisse significative de la densité des plants de Scirpe américain

dans la Zone 1 ($F=7,57$; $\Delta_r=-0,54$; $r^2=0,64$; $dl=1 \text{ \& } 4$; $p=0,05$) mais pas dans la Zone 2 ($F=2,88$; $r^2=0,42$; $dl=1 \text{ \& } 4$; $p=0,17$) ni 3 ($F=0,40$; $r^2=0,09$; $dl=1 \text{ \& } 4$; $p=0,56$). Lorsque les zones sont regroupées, la densité de plants de Scirpe ne montre aucune tendance durant cette période ($F=0,40$; $r^2=0,09$; $dl=1 \text{ \& } 4$; $p=0,56$; Tableau 1, Fig. 5).

Il existe une forte corrélation dans la variation annuelle de la densité des plants de scirpe américain entre les deux sites à l'étude ($r^2=0,84$; $n=6$; $p=0,01$). D'autre part, l'analyse de variance à deux critères indique un effet significatif de l'année ($F=5,44$; $dl=5 \text{ \& } 172$; $p=0,0001$) mais pas du secteur ($F=0,43$; $dl=1 \text{ \& } 172$; $p=0,515$) sur la densité des plants de scirpe. Finalement, la tendance globale pour le secteur de la Petite Ferme durant cette même période n'est pas significative ($F=0,26$; $r^2=0,06$; $dl=1 \text{ \& } 4$; $p=0,638$; Figure 5).

Utilisation des marais par les oies

Le nombre d'oie-jours évalué à l'automne a significativement diminué depuis 1971 ($F = 28,18$; $r^2 = 0,48$; $dl = 1 \text{ \& } 28$; $p < 0,001$; Figure 6). Depuis 1980, les données d'inventaires sont ventilées selon les grands types d'habitats soit les champs et les milieux humides (marais, eau, vase ou pointe de sable). On n'observe aucune tendance dans le pourcentage d'oies recensées dans les milieux humides durant ces années (moyenne = $88,1 \pm 7,6\%$; écart = 64 - 100%). Le temps passé par les oies à s'alimenter dans les milieux humides tant le jour que la nuit n'est cependant pas évalué. Le nombre d'oie-jours représente donc un indice d'utilisation des marais et non une mesure absolue de la pression de broutement.

Il existe une relation significative positive entre la densité des plants de scirpe observée à la fin de l'été et les oie-jours dénombrés durant l'automne de la même année ($F=8,05$; $r^2=0,25$; $dl = 1 \text{ \& } 20$; $p = 0,01$). Malgré le faible pourcentage de variation expliquée, ceci indique que la diminution du nombre d'oies est possiblement une conséquence de la diminution de la ressource alimentaire. Lorsque nous examinons la relation entre le nombre d'oies enregistré l'automne et la densité des plants durant l'été suivant, nous obtenons aussi une relation significative positive qui explique, par contre, moins de variation ($F=5,50$; $r^2=0,18$; $dl = 1 \text{ \& } 19$; $p = 0,03$). Si le broutement des oies

avait un effet à court terme sur la végétation, nous aurions du obtenir une relation négative. Les paramètres utilisés ne montrent pas un tel effet.

DISCUSSION

L'importante variation de la densité du Scirpe américain d'une année à l'autre est attribuable en partie aux conditions prévalant durant la saison de croissance (Giroux et Bédard 1987b). Malgré tout, la densité de Scirpe dans le secteur de la Petite Ferme a subi une baisse importante dans les zones 1 et 2 entre 1971 et 2000 mais pas dans la Zone 3. Le substrat de la zone 3 est plus sablonneux et donc plus ferme (A. Reed, obs. pers.). Ceci pourrait rendre l'extraction des rhizomes plus difficile et résulter en une plus grande production de scirpe tel qu'observé à Montmagny par Giroux et Bédard (1987b). D'autre part, la localisation distale de la Zone 3 résulte en une durée d'inondation plus longue ce qui pourrait diminuer l'utilisation de cette zone par les oies par rapport aux sections plus élevées du marais. Par contre, Reed (1989) a noté l'inverse, c'est-à-dire une plus grande présence des oies dans la partie distale du marais. Le temps passé à brouter ou la proportion de rhizomes prélevée par les oies seraient de meilleurs indices mais en absence de ces données, nous ne pouvons que spéculer sur les différences entre les zones. La plus grande profondeur des rhizomes dans la zone 3 tel qu'indiqué par une plus grande longueur de la partie souterraine des plants (partie sans chlorophylle) réduit l'accessibilité des rhizomes au broutement des oies ce qui pourrait aussi expliquer l'absence de baisse de production dans cette zone. Pour l'instant, on ne peut déterminer si c'est l'enracinement plus profond ou une plus grande accumulation de sédiments ou les deux qui influencent la longueur de la partie souterraine des tiges. D'autre part, on ignore également les facteurs qui pourraient influencer ces paramètres.

La baisse globale du nombre de plants de scirpe américain dans le secteur de la Petite Ferme est estimée à 48% depuis 1971 ce qui représente une perte de 82 g/m² de rhizomes en 30 ans. La forte corrélation de la densité des plants de scirpe entre le secteur de la Petite Ferme et celui du Centre d'histoire naturelle entre 1976 et 1981 ainsi que l'absence de différence entre ces deux secteurs pour la même période permettent de suggérer que les tendances à long terme observées à la Petite Ferme s'appliquent aussi au secteur du Centre d'histoire naturelle. Ces deux secteurs ne sont

pas fréquentés par les chasseurs ce qui pourrait entraîner une plus grande utilisation par les oies. Par contre, considérant la proximité des zones de chasse, la faible densité de chasseurs et l'absence de chasse durant les fins de semaine dans les autres secteurs, on pense que les observations réalisées dans les deux secteurs d'étude s'appliquent à l'ensemble du marais de Cap Tourmente. Ceci demande toutefois d'être validé.

La présence répétée des oies dans le marais de la RNF de Cap Tourmente durant leurs migrations d'automne et de printemps est le facteur le plus apparent pour expliquer la diminution du scirpe. Même si on n'a pas trouvé d'effet négatif à court terme du nombre d'oies recensées à l'automne sur la densité des plants de scirpe l'été suivant, on ne peut éliminer l'effet cumulatif potentiel du broutement des oies. Dans les marais de la Côte-du-Sud, Giroux et Bédard (1987a) ont trouvé que les oies pouvaient diminuer la production du scirpe de 60%. D'autre part, on ne peut éliminer l'effet de d'autres variables environnementales sur la productivité du scirpe. Par exemple, la quantité et la qualité des éléments nutritifs apportés par l'eau et les sédiments auraient pu changer au cours des 30 dernières années. Nous ne disposons pas de telles données et si ces variables étaient responsables de la réduction du scirpe, nous devrions voir des diminutions semblables dans d'autres marais comme ceux de la Côte-du-Sud, ce qui n'est pas le cas (Lefebvre *et al.* 2000). L'érosion horizontale et verticale du marais qui semble se produire à Cap Tourmente mais qui est peu documentée et l'accumulation de sable dans certaines portions du marais liée à des changements hydrologiques du fleuve Saint-Laurent (S. Labonté, comm. pers.) pourraient aussi influencer la productivité du scirpe.

La diminution du nombre d'oie-jours à la RNF de Cap Tourmente durant les dernières années malgré une augmentation de la population semble résulter d'une diminution de la ressource alimentaire dans les marais. La redistribution des oies à l'automne incluant une plus grande utilisation du sud-ouest de la province (Olson 2001) a peut-être aussi contribué à cette diminution mais on n'a pas observé un phénomène semblable sur la rive sud (Lefebvre *et al.* 2000) indiquant que le problème est davantage localisé à Cap Tourmente.

La diminution de l'utilisation de la RNF de Cap Tourmente par les oies aurait du réduire la pression de broutement et résulter en une augmentation de la productivité des marais (Giroux et Bédard 1987a) ce qui n'a pas été le cas. Les inventaires réalisés par le Service canadien de la faune ne permettent pas de déterminer le temps consacré par les oies à s'alimenter dans les marais mais donnent plutôt un indice de fréquentation de la réserve par ces oiseaux en ventilant les milieux humides et les terres agricoles. Le pourcentage des oies dénombrées dans les marais est demeuré constant au cours des dernières années et la diminution du nombre d'oie-jours représente donc une diminution absolue de l'utilisation des marais.

Au milieu des années 80, Giroux et Bédard (1987a) concluaient que les marais de Montmagny et de Cap St-Ignace étaient à un niveau stable mais faible par rapport à leur productivité potentielle. Bélanger et Bédard (1994) avaient ensuite proposé que la production observée dans le marais de Montmagny correspondait à un niveau au-dessous duquel il n'était plus profitable pour les oies de se nourrir ce qui entraînait une certaine stabilité du système. Un suivi récent de la végétation de ces marais (1999) a indiqué que la productivité était au même niveau que durant les années 1983-85 malgré une utilisation soutenue et même accentuée des marais par les oies (Lefebvre *et al.* 2000). Durant cette même période (1983-2000), la densité des plants de scirpe a baissé à la RNF de Cap Tourmente ($F=7,811$; $\Delta_r=-0,48$; $r^2=0,49$; $dl = 1 \ \& \ 8$; $p=0,023$) avec le même taux qu'entre 1971 et 2000 (voir **CT83-00.xls**).

Globalement, la densité du Scirpe américain est plus faible à Cap Tourmente (198-250 plants/m²) comparativement à Montmagny (540-790 plants/m²) et Cap St-Ignace (285-422 plants/m²) (Lefebvre *et al.* 2000). La longueur des plants, par contre, est supérieure à Cap Tourmente (75-105 cm) par rapport à Montmagny (70 cm) et Cap St-Ignace (60 cm). Lorsque les deux paramètres sont combinés pour estimer la biomasse aérienne, les valeurs de Cap Tourmente (80-100 g/m², Tableau 2) sont comparables à celles de Cap St-Ignace (70-100 g/m²) mais inférieures d'environ 50% à celles de Montmagny (160-190 g/m²).

Les marais de Cap St-Ignace sont situés plus à l'est et donc soumis à une plus grande salinité ce qui expliquerait en partie leur plus faible productivité (Deschênes et Sérodes 1985). L'accumulation de sédiments est plus importante à Cap Tourmente que

sur la rive sud (Sérodès et Troude 1984, Giroux et Bédard 1995). Même si Giroux et Bédard (1987b) avaient trouvé que l'apport de sédiments augmentait la productivité du scirpe, l'accumulation observée à Cap Tourmente dépasse peut-être un niveau optimal.

La plus faible production de scirpe et la baisse continue enregistrée à Cap Tourmente pourraient indiquer que le seuil critique de récupération du Scirpe a été dépassé. Le nombre d'oie-jours/ha à Montmagny était estimé à environ 4,000 dans le milieu des années 80 (Giroux et Bédard 1988c), alors que les 2 millions d'oie-jours enregistrés à la fin des années 70 à la RNF de Cap Tourmente correspondent à environ 7,500 oie-jours/ha pour les 267 ha de marais. L'utilisation intensive des marais à cette période par les oies pourrait être la cause du déclin initial de la production de Scirpe. Celle-ci aurait maintenant atteint un niveau trop bas pour permettre une récupération rapide telle qu'observée à Montmagny par Giroux et Bédard (1987a). Ceci demeure évidemment une hypothèse qui pourrait être partiellement testée par l'établissement d'exclos permanents permettant d'éliminer expérimentalement l'effet des oies pendant quelques années.

L'allocation différentielle des ressources entre la longueur et la densité des plants est un paramètre peu connu mais essentiel pour comprendre la dynamique de la productivité des marais. Ceci a été clairement démontré en 1994 alors que le nombre de plants était plus faible mais leur longueur plus élevée résultant en une biomasse plus grande.

Une relation inverse entre la densité de plants de Scirpe et de tiges de Zizanie avait été rapportée pour la période 1971-1984 (Reed 1989) et pour 1971-1998 (Giroux *et al.* 1998). Cette relation n'est plus valide pour l'ensemble du marais mais le demeure pour la Zone 1 qui correspond à la première zone de dépôt des graines lors du retrait de la marée. Giroux et Bédard (1987a) avaient aussi noté une augmentation de la Zizanie aquatique dans les parcelles broutées par les oies où le Scirpe américain était moins abondant. Ils avaient spéculé que les sites broutés par les oies devenaient des lits de germination pour les graines de Zizanie. Bélanger et Bédard (1994) avaient confirmé le phénomène lors d'un suivi détaillé des sites (dépressions) où s'alimentaient les oies. Cependant, il est important de considérer que l'abondance et la distribution des graines de Zizanie aquatique sont influencées par plusieurs facteurs tels le courant, les marées,

la sédimentation et la consommation par les oies et les canards. Les variations annuelles de cette plante ne sont donc pas surprenantes. Quant à la Sagittaire, il n'y avait pas de tendance globale mais l'augmentation importante (187%) du nombre de plants en 2000 devra être suivie avec attention dans les prochaines années.

RECOMMANDATIONS

Suivi de la production végétale et de l'utilisation par les oies

Il est fortement recommandé de poursuivre le suivi de la végétation des marais intertidaux de la RNF de Cap Tourmente. La fréquence actuelle établie aux deux ans depuis 1984 est adéquate pour suivre l'évolution de ce milieu naturel. Au lieu de réaliser un échantillonnage intensif (15 lignes et 375 place-échantillons) près de la Petite Ferme, il serait souhaitable de couvrir l'ensemble du marais par un échantillonnage systématique plus extensif et donc plus représentatif de la situation globale. Il faudra par contre s'assurer de pouvoir faire des comparaisons entre les deux plans d'échantillonnage en réalisant les deux protocoles durant une même année. Il serait pertinent de localiser précisément les places échantillons à l'aide d'un système de positionnement global (GPS) afin de mesurer la production végétale des mêmes sites à chaque inventaire. Il serait aussi souhaitable de mesurer la longueur d'un échantillon de plants de Scirpe dans tous les quadrats afin d'estimer la biomasse aérienne en tenant compte de la biomasse et du nombre de plants de Scirpe (Giroux et Bédard 1988b).

L'utilisation de la photographie aérienne ou de la télédétection complèterait cette évaluation en fournissant une estimation de la superficie des marais. Ce suivi pourrait être fait à tous les six ans et synchronisé avec l'échantillonnage de la végétation.

Considérant le déclin important de la densité des plants de Scirpe, il serait essentiel de séparer l'effet du broutement des oies de celui des autres facteurs pouvant influencer la productivité des marais de la RNF de Cap Tourmente. L'établissement d'exclos permanents serait requis et l'utilisation d'un GPS différentiel faciliterait leur localisation aux mêmes endroits à chaque année. Les exclos devraient être établis dès la disparition des glaces au printemps, enlevés durant la saison de croissance, replacés avant l'arrivée des oies à l'automne et finalement enlevés à la fin de l'automne. Le

protocole développé par Giroux et Bédard (1987a) pourrait être mis à profit à la RNF de Cap Tourmente.

Considérant que d'autres variables environnementales peuvent affecter la production végétale et l'intégrité des marais, il serait opportun de regrouper une équipe de chercheurs multidisciplinaires qui pourraient étudier simultanément les caractéristiques biologiques, géomorphologiques, hydrologiques et sédimentaires de ces marais.

Les inventaires quotidiens réalisés à l'automne doivent être poursuivis pour connaître la fréquentation de la RNF par les oies. L'utilisation des différents habitats (champs, marais, etc.) et des différents secteurs du marais selon la localisation des affûts de chasse devrait être mieux caractérisée. Déterminer la proportion de rhizomes prélevée par les oies serait le meilleur indicateur d'utilisation mais ceci représente une tâche importante et impossible à réaliser sur une base régulière. Déterminer le pourcentage de temps consacré à l'alimentation par les oies serait un meilleur indice qu'un simple nombre d'oies. Le pourcentage de temps consacré par les oies à l'alimentation dans les marais semble varier d'une année à l'autre entre autre selon le pourcentage de jeunes dans la volée (Giroux, obs. pers.). Ceci demande d'être validé par un protocole d'échantillonnage qui tiendrait compte des différentes périodes du jour et de la nuit et des marées.

Mesures de gestion

La baisse constante de la densité des plants du Scirpe américain menace l'intégrité à moyen et long terme des marais de la RNF de Cap Tourmente. De plus, la diminution récente de l'utilisation de la RNF par les Grandes Oies des neiges à l'automne semble refléter une réduction du Scirpe américain dans les marais. Cette situation devrait préoccuper les gestionnaires de la RNF de Cap Tourmente et faire l'objet d'études et de propositions de gestion. Si la diminution du Scirpe est effectivement reliée au broutement des oies, des mesures restrictives devraient être mises en place dans le but de diminuer la pression exercée par les oies sur les marais tout en maintenant les objectifs de gestion de la RNF.

Le Scirpe américain a habituellement une bonne capacité de récupération lorsqu'on supprime le broutement des oies (Giroux et Bédard 1987a, Bélanger et Bédard 1994). Il faut espérer que le niveau atteint à Cap Tourmente ne soit pas sous un seuil critique. L'augmentation de la pression de chasse à l'automne sur les battures en permettant une rotation des chasseurs qui complètent rapidement leurs limites de prises ou l'instauration de la chasse durant les fins de semaine diminuerait la pression de broutement dans les marais. L'établissement de caches dans les zones non chassées (Petite Ferme et Centre d'histoire naturelle) serait peut-être nécessaire pour équilibrer l'utilisation du marais sur l'ensemble du territoire. L'aménagement des terres agricoles adjacentes serait une solution complémentaire qui permettrait aussi de diminuer l'utilisation des marais. L'efficacité de cette approche a été démontrée à l'automne 1997 et 1998 lorsque les oies ont fait une utilisation très intensive des champs aménagés entre la Petite Ferme et le Centre d'histoire naturelle. Cet aménagement, de plus, a l'avantage de favoriser les activités d'observation par le public.

RÉFÉRENCES

- Bédard, J. et Gauthier, G. 1989. Comparative energy budgets of greater snow geese *Chen caerulescens atlantica* staging in two habitats in spring. *Ardea* 77: 3-20.
- Bélanger, L. et Bédard, J. 1994. Role of ice scouring and goose grubbing in marsh plant dynamics. *J. Ecol.* 82: 437-445.
- Bélanger, L. et Bédard, J. 1995. Use of ice-scoured depressions by marsh-foraging now geese (*Chen caerulescens atlantica*). *Can. J. Zool.* 73: 253-259.
- Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques, 3rd edition. John Wiley & Sons, New York. 428 pages.
- Deschênes, J. and Sérodes, J.-B. 1985. The influence of salinity on *Scirpus americanus* tidal marshes in the St. Lawrence River estuary, Quebec. *Can. J. Bot.* 63:920-927.
- Giroux, J.-F., et Bédard, J. 1987a. The effects of grazing by Greater Snow Geese on vegetation of tidal marshes in the St. Lawrence estuary. *J. Appl. Ecol.* 24: 773-788.
- Giroux, J.-F. & J. Bédard. 1987b. Factors influencing aboveground production of *Scirpus* marshes in the St. Lawrence estuary. *Aquat. Bot.* 29:195-204.

- Giroux, J.-F. et Bédard, J. 1988a. Age differences in the fall diet of greater snow geese in Québec. *Condor* 90: 731-734.
- Giroux, J.-F. et Bédard, J. 1988b. Estimating above- and below-ground macrophyte production in *Scirpus* tidal marshes. *Can. J. Bot.* 66: 368-374.
- Giroux, J.-F. & J. Bédard. 1988c. Use of bulrush marshes by greater snow geese during staging periods. *J. Wildl. Manage.* 52:415-420.
- Giroux, J.-F. & J. Bédard. 1990. Activity budgets of greater snow geese in fall. *Can. J. Zool.* 68:2700-2702.
- Giroux, J.-F. & J. Bédard. 1995. Seed production, germination rate and seedling establishment of *Scirpus pungens* in tidal brackish marshes. *Wetlands* 15: 290-297.
- Giroux, J.-F., Gauthier, G., Costanzo, G. et Reed, A. 1998. Impact of geese on natural habitats. Pages 32-57 in B. D. J. Batt, Ed. *The greater Snow goose: report of the Arctic Goose Habitat working Group*. Arctic goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Lefebvre, J., Giroux, J.-F., Bélanger, L. et Reed, A. 2000. Suivi de la végétation des marais à Scirpe de la Côte-du-Sud (1983-1999) et recommandations de conservation. Rapport technique du Service canadien de la faune 355 :1-38.
- Miller, D. M. 1984. Reducing transformation bias in curve fitting. *Am. Stat.* 38: 124-126.
- Neter, J. et Wasserman, W. 1974. *Applied Linear Statistical models: Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs*. Irwin-Dorsey Limited, Ontario. 842 pages.
- Olson, J. M. 2001. Comportement migratoire automnal de la grande oies des neiges dans le Québec meridional. Mémoire de maîtrise, UQAM. 82 pp.
- Reed, A. 1989. Use of a freshwater tidal marsh in the St. Lawrence estuary by greater snow geese. Pages 605-616 in R. R. Sharitz and J. W. Gibbons (eds.). *Freshwater wetlands and wildlife*. USDOE Office of Scientific and Technical Information. Tennessee.
- Reed, A., Giroux, J.-F. et Gauthier, G. 1998. Population size, productivity, harvest, and distribution. Pages 5-31 in B. D. J. Batt, Ed. *The greater Snow goose: report of the Arctic Goose Habitat working Group*. Arctic goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.

Sérodes, J.-B. et Troude, J.-P. 1984. Sedimentation cycle of a freshwater tidal flat in the St-Lawrence Estuary. *Estuaries*. 7:119-127.

Williams, B. K., M. D. Koneff and D. A. Smith. 1999. Evaluation of waterfowl conservation under the North American Waterfowl Management Plan. *J. Wildl. Manage.* 63: 417-440.

Tableau 1. Densité annuelle moyenne des principales espèces végétales des marais intertidaux à la RNF de Cap Tourmente, 1971-2000.

Année	S. américain				Zizanie aquatique				Sagittaire spp.			
	CHN		PF		PF		PF		PF		PF	
	Moy.	Ec.-t	Moy.	Ec.-t	Moy.	Ec.-t	Moy.	Ec.-t	Moy.	Ec.-t	Moy.	Ec.-t
	(plants/m ²)				(plants/m ²)		(tiges/m ²)		(plants/m ²)		(tiges/m ²)	
1971	-	-	400	21	-	-	182	14	27 ^A	2	101	10
1972	-	-	354	23	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	347	18	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	488	27	-	-	149	18	46 ^A	5	177	20
1975	-	-	585	29	-	-	91	13	17 ^A	2	134	8
1976	308	24	311	34	-	-	68	12	27 ^A	5	101	20
1977	348	15	272	11	-	-	105	12	36 ^A	2	138	9
1978	378	24	373	19	-	-	164	9	40 ^A	3	151	12
1979	366	24	356	32	-	-	174	16	30 ^A	6	115	24
1980	347	20	336	18	-	-	210	13	41 ^A	2	155	7
1981	267	16	231	12	-	-	262	22	33 ^A	3	125	11
1982	-	-	249	20	-	-	210	48	43 ^A	8	178	42
1983	-	-	319	17	-	-	141	13	34 ^A	2	125	6
1984	-	-	466	20	-	-	149	8	63	5	159	9
1986	-	-	229	19	-	-	118	12	31	3	116	11
1988	-	-	426	24	-	-	150	8	56	2	175	9
1990	-	-	311	10	-	-	199	15	22	2	85	6
1992	-	-	254	16	-	-	227	11	27	2	117	8
1994	-	-	200	7	86	8	343	11	41	4	141	11
1996	-	-	244	9	41	6	232	14	18	1	77	3
1998	-	-	224	12	13	5	123	12	32	2	134	7
2000	-	-	198	8	36	8	117	8	92	6	191	14

^A calculé selon une équation obtenue par la régression du nombre de tiges et de plants de Sagittaire (voir Méthodes).

PF : secteur de la Petite Ferme

CHN : secteur du Centre d'histoire naturelle

Tableau 2. Longueur moyenne (± 1 écart-type) des parties blanches et vertes des plants de Scirpe américain et biomasse aérienne moyenne dans le secteur de la Petite Ferme de la RNF de Cap Tourmente de 1992 à 2000.

Année	Longueur de la partie blanche (cm) (n=15)	Longueur de la partie verte (cm) (n=15)	Biomasse (g/m ²) (n=3)
1992	15,8 \pm 0,8 A ¹	77,0 \pm 2,7 A ¹	84 \pm 5 A ^{1,2}
1994	16,0 \pm 1,1 A	105,0 \pm 4,5 B	102 \pm 5 B
1996	16,6 \pm 0,6 A	86,0 \pm 4,6 A	91 \pm 5 C
1998	18,2 \pm 0,7 AB	76,4 \pm 4,3 A	79 \pm 4 D
2000	19,8 \pm 0,7 B	86,8 \pm 2,5 A	78 \pm 2 D

¹ Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes entre les années ($p < 0,05$).

² La biomasse a été pondérée en fonction de la superficie des trois zones du marais.

Tableau 3. Longueur moyenne des parties vertes et blanches des plants du Scirpe américain selon les zones dans le secteur de la Petite Ferme de la RNF de Cap Tourmente de 1992 à 2000.

Année	Longueur de la partie verte (cm)			Longueur de la partie blanche (cm)		
	Zone			Zone		
	1 (n=3)	2 (n=6)	3 (n=6)	1 (n=3)	2 (n=6)	3 (n=6)
1992	72,1 Aa ^{1,2}	88,2 Bab	68,2 Aab	16,7 Aa	18,7 Aab	12,5 Ba
1994	111,1 ABb	117,3 Ac	89,6 Bc	15,0 Aa	18,4 Aab	14,2 Aab
1996	103,7 Abc	94,5 Aa	68,5 Babc	18,1 Aa	16,5 Aa	15,9 Aab
1998	91,5 Ac	86,6 Aab	58,6 Ba	15,8 Aa	19,1 Aab	18,7 Abc
2000	97,0 Abc	85,5 Aa	83,1 Abc	16,2 Aa	19,4 Bb	22,0 Cc

¹ Pour chaque rangée et chacune des parties de la plante, les moyennes suivies d'une lettre majuscule différente sont significativement différentes entre les zones ($p < 0,05$).

² Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une lettre minuscule différente sont significativement différentes entre les années ($p < 0,05$).

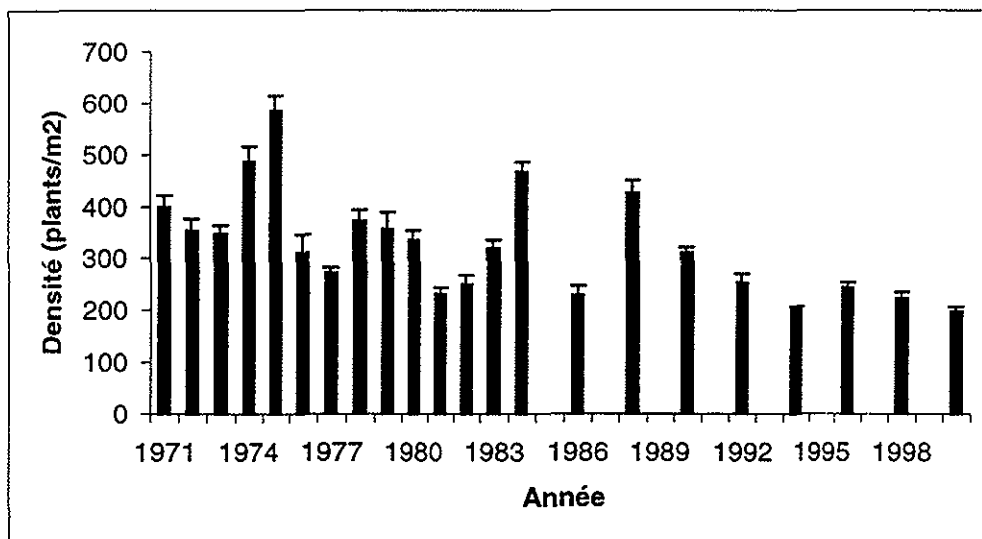


Figure 2. Densité annuelle moyenne (plants/m² ± 1 écart-type) du Scirpe américain dans le secteur de la Petite Ferme à la RNF de Cap Tourmente, 1971-2000.

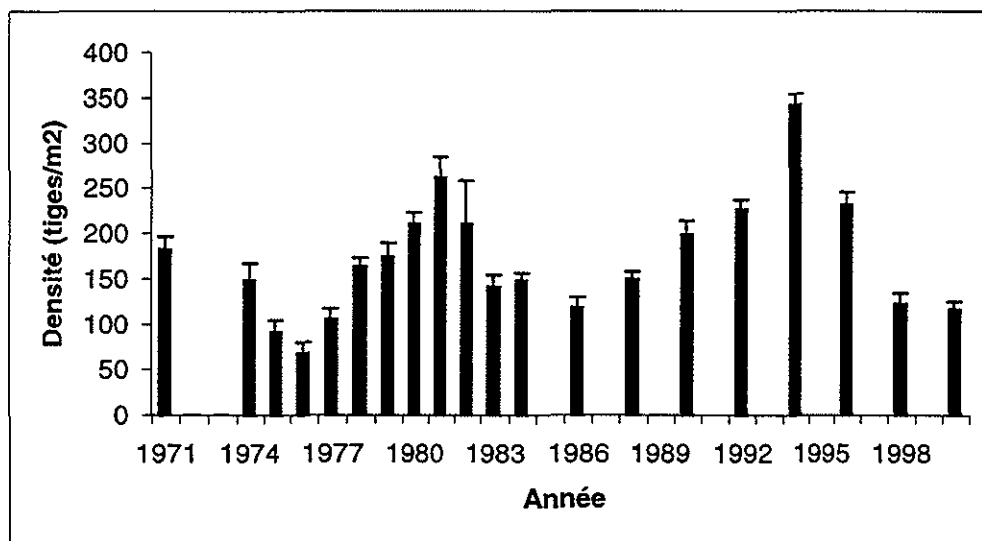


Figure 3. Densité annuelle moyenne (tiges/m² ± 1 écart-type) de la Zizanie aquatique dans le secteur de la Petite Ferme de la RNF de Cap Tourmente, 1971-2000.

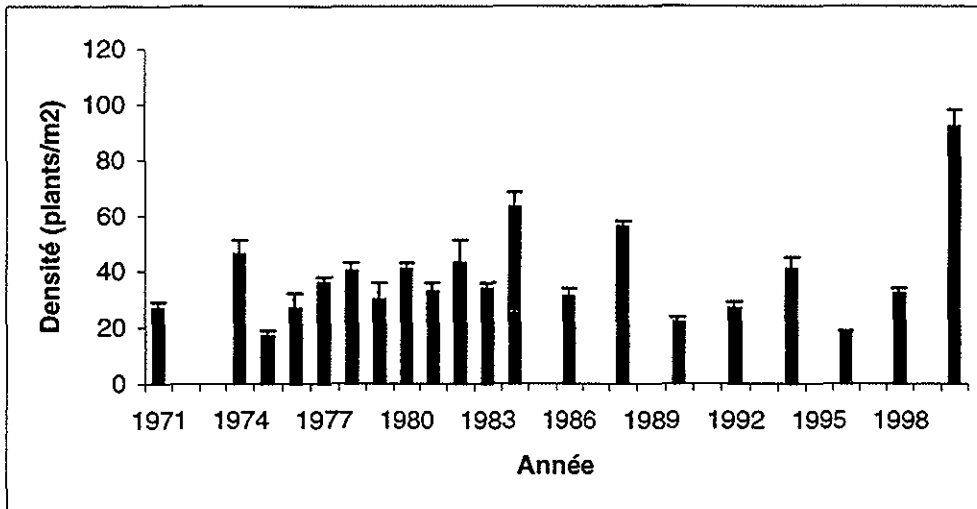


Figure 4. Densité annuelle moyenne (plants/m² ± 1 écart-type) de la Sagittaire dans le secteur de la Petite Ferme de la RNF de Cap Tourmente, 1971-2000.

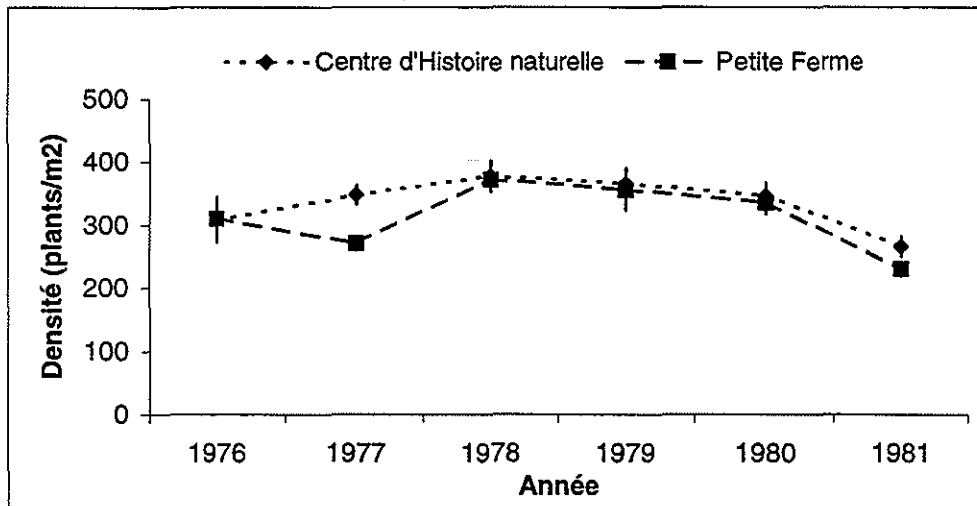


Figure 5. Densité de plants de Scirpe américain (moyenne de plants/m² ± 1 écart-type) au Centre d'histoire naturelle et à la Petite Ferme de la RNF de Cap Tourmente, 1976-1981.

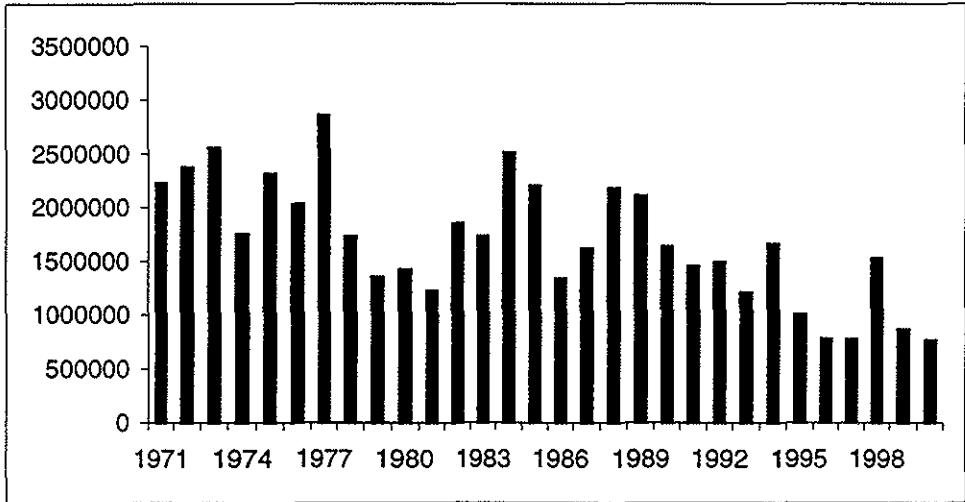


Figure 6. Nombre d'oie-jours à l'automne à la RNF de Cap Tourmente, 1971-2000.

ANNEXE 1

TIGE1971_2000.XLS et TI71_00.SD2

10 341 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1971 à 2000
- LOCAL. : 0, secteur du Centre d'Histoire naturelle
1, secteur de la Petite Ferme
- ZONE : 1 à 3
- LIGNE : 1 à 6
- ECHANT : # de place échantillon
- PLSCIR : nombre de plants de Scirpe américain
- PLANTZIZ : nombre de plants de Zizanie aquatique
- TIGEZIZA : nombre de tiges de Zizanie aquatique
- PLANTSAG : nombre de plants de Sagittaire
- TIGESAG : nombre de tiges de Sagittaire
- PLSAGAJ : nombre de plants de Sagittaire calculé par l'équation de régression
- BIDENS : nombre de tiges de Bident
- ELEOCHA : indice d'abondance d'Éleocharide
 - 0, absence
 - 1, 1 - 10
 - 2, 10 – 100
 - 3, > 100

ANNEXE 1 (suite)

TI71_00B.SD2

415 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- LOCAL : 0, secteur du Centre d'Histoire naturelle
1, secteur de la Petite Ferme
- ANNEE : 1971 à 2000
- ZONE : 1 à 3
- LIGNE : 1 à 6
- _ TYPE _ : 0
- _ FREQ _ : 25 , nombre de places échantillons
- PLSCIR : moyenne des plants de Scirpe américain dans chaque ligne
- PLANTZIZ : moyenne des plants de Zizanie aquatique dans chaque ligne
- TIGEZIZA : moyenne des tiges de Zizanie aquatique dans chaque ligne
- PLANTSAG : moyenne des plants de Sagittaire dans chaque ligne
- TIGESAG : moyenne des tiges de Sagittaire dans chaque ligne
- PLSAGAJ : moyenne des plants de Sagittaire calculé par l'équation de régression
- BIDENS : moyenne des plants de Bident dans chaque ligne
- ELEOCHA : moyenne de l'indice d'abondance d'Éleocharide dans chaque ligne

ANNEXE 1 (suite)

DENSITES.SD2

28 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- LOCAL : 0, Secteur du Centre d'Histoire naturelle
1, Secteur de la Petite Ferme
- ANNEE : 1971 à 2000
- PLSCIR : moyenne des plants de Scirpe américain par année
- V_PLSCIR : variance des plants de Scirpe américain
- SD_PSCIR : écart-type des plants de Scirpe américain
- PLANTZIZ : moyenne des plants de Zizanie aquatique par année
- V_PLZIZ : variance des plants de Zizanie aquatique
- SD_PLZIZ : écart-type des plants de Zizanie aquatique
- TIGEZIZA : moyenne des tiges de Zizanie aquatique par année
- V_TZIZA : variance des tiges de Zizanie aquatique
- SD_TZIZA : écart-type des tiges de Zizanie aquatique
- PLSAGAJ : moyenne des plants de Sagittaire par année
- V_PLSAG : variance des plants de Sagittaire par année
- SD_PLSAG : écart-type des plants de Sagittaire par année
- TIGESAG : moyenne des tiges de Sagittaire par année
- V_TSAG : variance des tiges de Sagittaire par année
- SD_TSAG : écart-type des tiges de Sagittaire par année

ANNEXE 1 (suite)

HAUTEUR1992_2000.XLS et HT92_00.SD2

1670 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1992 à 2000
- ZONE : 1 à 3
- LIGNE : 1 à 6
- ECHANT : # de place échantillon
- NOTIGE : # de la tige (1-10)
- BLANCHE : longueur de la partie blanche des plants de Scirpe
- VERTE : longueur de la partie verte des plants de Scirpe
- TOTAL : longueur totale des plants de Scirpe
- INFLO : 0, absence d'inflorescence
1, présence d'inflorescence
., pas noté

HT92_00B.SD2

75 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1992 à 2000
- ZONE : 1 à 3
- LIGNE : 1 à 6
- BLANCHE : longueur moyenne de la partie blanche des plants de Scirpe pour chaque ligne
- VERTE : longueur moyenne de la partie verte des plants de Scirpe pour chaque ligne
- TOTALE : longueur moyenne totale des plants de Scirpe pour chaque ligne

ANNEXE 1 (suite)

HTR_BIO.SD2

75 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1992 à 2000
- ZONE : 1 à 3
- LIGNE : 1 à 6
- VERTE : longueur moyenne de la partie verte des plants de Scirpe pour chaque ligne
- BIOMASSE : biomasse moyenne des plants de Scirpe pour chaque ligne (selon l'équation allométrique)
- BIO_M2 : biomasse moyenne rapportée en m² (rectifiée avec le facteur de correction)

INV_OIES.XLS (Oie-jours)

29 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1971 à 2000
- OIES-JOURS : Sommation du nombre d'oies présentes quotidiennement à la RNF de Cap Tourmente

INV_OIES.XLS (% batture)

21 lignes de données

Nom des variables et signification des codes

- ANNEE : 1980 à 2000
- WETLANDS : Sommation du nombre d'oies présentes quotidiennement à la RNF de Cap Tourmente sur la batture
- WETLANDS : % du nombre d'oies présentes quotidiennement à la RNF de Cap Tourmente sur la batture
- FIELDS: Sommation du nombre d'oies présentes quotidiennement à la RNF de Cap Tourmente dans les champs
- TOTAL : Sommation du nombre d'oies présentes quotidiennement à la RNF de Cap Tourmente

ANNEXE 1 (suite)

Les procédures SAS et les sorties suivantes ont été sauvegardées sur support informatique (*Cap Tourmente.zip*) :

PROCÉDURE	SORTIE	DESCRIPTION
régression.sas	régression.log	Régression nombre de plants vs nombre de tiges pour Zizanie et Sagittaire
moyenne.sas		Densité des tiges/quadrat et /ligne
densite.sas	densite_1.log	Densité moyenne/site/année/zone
calcul.sas		Compilation des longueurs des tiges de Scirpe
hauteur.sas	hauteur.log	Longueur moyenne annuelle de la partie verte et de la partie blanche des tiges de Scirpe
hauteur_zone.sas	hauteur_zone.log	Longueur moyenne annuelle de la partie verte et de la partie blanche des tiges de Scirpe selon les zones
biomasse.sas	biomasse.log	Biomasse moyenne annuelle du Scirpe
zone.sas	zone_scpf.log	Tendance/zone et globale – toutes les années – Scirpe - Petite Ferme
	zone_ziz.log	Tendance/zone et globale – toutes les années – Zizanie
	zone_sag.log	Tendance/zone et globale – toutes les années – Sagittaire
	zone_scch.log	Tendance/zone et globale – toutes les années – Scirpe - Centre Histoire naturelle
	zone_scpf'.log	Tendance/zone et globale – 1976-1981 – Scirpe – Petite Ferme
zonep.sas	zonep_scpf.log	Tendance/zone – années paires – Scirpe – Petite Ferme
	zonep_ziz.log	Tendance/zone – années paires – Zizanie
	zonep_sag.log	Tendance/zone – années paires - Sagittaire
CT83-00.xls		Tendance globale – 1983-2000 – Scirpe – Petite Ferme
corrélation.sas	corrélation.log	Corrélation entre espèces – Petite Ferme
var_ann.sas	var_ann.log	ANOVA à 2 critères (site, année)
var_anngl.sas	var_anngl.log	ANOVA à 3 critères (site, zone, année)
tendance.sas	tendance.log	Corrélation entre les 2 sites
relation_oies_scirpe.sas	relation_oies_scirpe.log	Relation entre le nombre de tiges et le nombre d'oies-jours
rhizomes.sas	rhizomes.log	Régression entre nombre de plants et biomasse de rhizomes de Scirpe