



***RÉDUCTION DE LA POLLUTION DIFFUSE AGRICOLE
PAR L'UTILISATION DE MARAIS FILTRANTS***

FONDS D'ACTION QUÉBÉCOIS EN DÉVELOPPEMENT DURABLE

PROJET NUMÉRO 141

RAPPORT FINAL AU 31 DÉCEMBRE 2004



AVRIL 2005

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. DONNÉES ADMINISTRATIVES DU PROJET	1
2. DESCRIPTION DU PROJET	1
Marais par lagunage sur lit de pierres. Marais de type étang	
3. DÉROULEMENT DES TRAVAUX ET DONNÉES TECHNIQUES	
3.1 Obtention des permis	3
3.2 Démarrage et suivi du projet	4
3.3 Choix d'un entrepreneur et travaux de construction	4
3.4 Étapes de construction et matériaux utilisés	5
3.5 Travaux de plantation et végétalisation	7
3.6 Installation des appareils de mesure	8
3.7 Travaux en 2003 et 2004	9
3.8 Ouverture et fermeture des marais	11
3.9 Échantillonnage en 2003 et 2004	11
4. LES RÉSULTATS OBTENUS	
4.1 Contrôle de l'entrée d'eau et temps de séjour	12
4.2 Résultats d'efficacité des marais filtrants	13
5. LES BIENS LIVRABLES	
5.1 Construction des marais	16
5.2 Plantation	16
5.3 Suivi biologique	17
5.4 Échantillonnage	18
5.5 Diffusion de l'information	19
6. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET ENVISAGÉES	22
7. RAPPORT FINANCIER VENTILÉ	23
ANNEXE 1 :PLAN DU SITE TEL QUE CONSTRUIT ET SCHÉMAS TECHNIQUES	
ANNEXE 2 :PLAN DES PLANTATIONS	
ANNEXE 3 :DOCUMENT PHOTOGRAPHIQUE	
ANNEXE 4 :RAPPORT DE MCGILL	
ANNEXE 5 :RAPPORT SUR LA BIODIVERSITÉ	
ANNEXE 6 :DIFFUSION DE L'INFORMATION :Panneau du site, Article dans le Canada Français, Article de Chirstina Laflamme, Exemple de fiche conseil de la CBVBM	
ANNEXE 7 :CERTIFICAT DU VÉRIFICATEUR	
ANNEXE 8 :LETTRE DE DÉCLARATION DE L'ORGANISME	
ANNEXE 9 :LETTRES D'ATTESTATION DE PARTICIPATION	

REMERCIEMENTS

Le Projet « Réduction de la pollution diffuse agricole par l'utilisation de marais filtrants » a été rendu possible grâce à la participation financière du Fonds d'action québécois en développement durable, le ministère des Affaires municipales et de la métropole et la municipalité de Saint-Ignace-de-Stanbridge ainsi qu'à la participation en services de tous les partenaires, à partir de la conception du projet jusqu'à sa réalisation complète, entre autres l'Université McGill et l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement.

Partenaires au démarrage du projet, nous remercions Canards Illimités, le Dura Club de Bedford, la Fondation des lacs et rivières du Canada et Richard Laroche du MAPAQ. Les partenaires de la réalisation du projet sont : l'organisme À fleur d'eau (Robert Lapalme et son équipe), Territoire de Conservation Walbridge (Hardy Craft, directeur, les propriétaires Francis, Dorothy Near et Edith Walbridge, Daniel Patenaude, responsable du site, et le conseil d'administration), l'Université McGill (Chandra Madramootoo, supervision scientifique, Peter Enright, coordonnateur du projet, Christina Laflamme, étudiante à la maîtrise et les autres étudiants participants), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (Aubert Michaud, chercheur et le laboratoire d'analyse), le MAPAQ (Richard Lauzier), BMi Consultants (Lucien Méthé, Gilles Bolduc et Christian Bélanger, technicien). Nous soulignons le travail très professionnel de la compagnie B. Frégeau et fils pour la construction des marais et toutes les autres personnes qui y ont été associées. Nous remercions également les administrateurs de la CBVBM pour avoir cru à ce projet et avoir participé à différentes étapes de sa réalisation, de même que l'assistante administrative Johanne Bérubé et les étudiants qui ont collaboré aux plantations et à l'évaluation de la biodiversité. Les organismes du milieu se sont montrés très intéressés par les avancées de ce projet innovateur, autant lors des présentations que des visites de terrain.

Nous tenons à souligner plus particulièrement l'excellent travail de Peter Enright de l'Université McGill, coordonnateur du projet, qui a réussi avec brio, à mener à bien la construction des marais et leur suivi scientifique. Nous espérons qu'il pourra poursuivre son implication dans le suivi des marais et leur utilisation future en zone agricole dans le bassin versant de la baie Missisquoi. Nous remercions également Christina Laflamme, étudiante de l'Université McGill, qui a su communiquer son enthousiasme pour les marais filtrants Walbridge, en plus d'en effectuer le suivi à la trace pendant deux années, ce qui lui a permis d'apprécier leurs réactions naturelles et toute la beauté de leur biodiversité.

Ayant obtenu un Certificat d'autorisation du MENV pour procéder à ce projet, nous espérons que les résultats positifs obtenus permettront de mettre en œuvre cette méthode de réduction du phosphore à la source dans le bassin versant de la baie Missisquoi et en particulier en zone agricole. Encore merci à toutes les personnes impliquées de près ou de plus loin dans ce projet qui a été des plus stimulants pour la Corporation Bassin Versant Baie Missisquoi.

RÉSUMÉ

Le projet « Réduction de la pollution diffuse agricole par l'utilisation de marais filtrants » visait à évaluer une méthode innovatrice de réduction du phosphore à la source et d'autres contaminants des cours d'eau comme l'azote et les particules en suspension. Il s'agit d'un projet pilote de construction d'un marais filtrants sur lit de pierres et d'un marais filtrants de type étang, afin de vérifier leur efficacité d'assainissement des eaux par une technique naturelle. Les marais proposés devaient pouvoir se réaliser facilement en zone agricole et ne pas utiliser de matériaux dispendieux ou de techniques exigeant des appareillages complexes ou des travaux d'entretien fréquents.

Le marais sur lit de pierre se base sur l'assainissement naturel d'un petit cours d'eau. Son efficacité est augmenté par l'action des plantes aquatiques et de la biodégradation dans le lit de pierres. Il suffit de rajouter sur le lit du cours d'eau un géotextile, une couche de pierres, de la terre végétale et des plantes aquatiques indigènes. Le choix des plantes a été effectué en fonction de leur potentiel probable de captage du phosphore et d'autres éléments nutritifs. Le marais est précédé d'un petit bassin de sédimentation pour réduire les matières en suspension qui pourraient colmater le lit de pierres.

Le marais de type étang agit comme un bassin de sédimentation, avec en plus des plantes aquatiques qui augmentent son pouvoir de captation du phosphore et des nitrates dans l'eau et dans les sédiments. Ses dimensions sont réduites pour ne pas occuper une trop grande superficie, en particulier en terres cultivables, et sa construction a été effectuée dans une couche de sol imperméable.

Les résultats sur deux années sont positifs. Il faut noter que la première année (mai à novembre 2003), les résultats sont plus variables en fonction des événements climatiques, du temps de séjour, puisque les plantes aquatiques ne sont pas à leur pleine croissance. Les résultats de la seconde année (mai à novembre 2004) sont très probants et confirment l'efficacité des marais, qui bénéficiaient d'un débit relativement constant. La réduction du phosphore pour l'ensemble des deux marais a été de 33 % en 2003 et de 40 % en 2004. Pour le marais sur lit de pierres, la réduction a été de 12 % en 2003 et 28 % en 2004. Par ailleurs, pour l'étang, il y a eu augmentation de 46 % en 2003 et réduction de 16 % en 2004. Pour l'étang, l'augmentation en 2003 a été causée par les fortes pluies d'automne qui ont provoqué une réintroduction de l'eau du ruisseau dans l'étang.

On a constaté que les espèces qui ont poussé en abondance dans le marais sur lit de pierre en 2003 étaient *Acorus Calamus*, *Sagittaria latifolia*, *Juncus effusus* et *Alisma plantago*. Celles qui ont le moins bien réussi étaient *Scirpus americanus*, *Phalaris arundinacea* et *Iris versicolor*. En 2004, *Sagittaria latifolia* et *Alisma plantago* ont été moins abondantes alors qu'*Acorus Calamus* et *Juncus effusus* sont demeurés très denses. Dans l'étang, les espèces qui ont bien prospéré sont *Elodea canadensis*, *Nuphar variegatum*, *Sagittaria latifolia*. Les lentilles d'eau sont abondantes (*Lemna minor*) et elles se sont propagées dans le marais sur lit de pierres et dans l'exutoire de l'étang.

Les concentrations de phosphore ont été mesurées dans la biomasse de différentes espèces, ce qui donne une appréciation de leur potentiel pour capter le phosphore. En ordre décroissant, les plantes contenant davantage de phosphore sont : *Sagittaria latifolia*, *Alisma plantago*, *Typha latifolia*, *Acorus calamus*, *Glyceria aquatica*, *Scirpus americanus*, *Juncus effusus*, *Phalaris arundinacea*.

1. DONNÉES ADMINISTRATIVES DU PROJET

TITRE DU PROJET:

RÉDUCTION DE LA POLLUTION DIFFUSE AGRICOLE PAR L'UTILISATION DE MARAIS FILTRANTS

NUMÉRO DU PROJET : 141

VOLET III : Expérimentation de technologie à incidences environnementales

NOM DE L'ORGANISME DEMANDEUR :

CORPORATION BASSIN VERSANT BAIE MISSISQUOI

DATE DU RAPPORT : 5 AVRIL 2005

DATE DE LA FIN DU PROJET : 31 DÉCEMBRE 2004

La date prévue de la fin du projet était juillet 2004 et une extension a été obtenue afin de finaliser l'échantillonnage et effectuer l'analyse des résultats sur une période complète de deux années soit 2003 et 2004. L'échantillonnage a été effectué par l'Université McGill pour compléter les données jusqu'en novembre 2004.

2. DESCRIPTION DU PROJET :

Le concept de marais qui a été retenu est un marais en dérivation du cours d'eau avec une superficie de 0,12 hectares. Le marais est situé à l'extérieur de la plaine inondable 0-20 ans. La construction du marais impliquait un remodelage du terrain, une infrastructure de captage et une infrastructure de retour de l'eau dans le ruisseau. L'entrée du marais se situe après le pont et la structure de captage est un tuyau permettant de contrôler les débits d'entrée. Le volume d'eau laissé dans le ruisseau doit être de 80 % du débit d'étiage en tout temps. En pratique, la quantité d'eau détournée dans le marais n'a jamais été plus de 5 % du volume d'eau du ruisseau. L'eau circule dans les deux marais par gravité.

Le concept de ce marais filtrant réunit deux types de marais en expérimentation soit le marais sur lit de pierres et le marais de type étang. Ces deux types de petits marais sont faciles à reproduire dans d'autres milieux agricoles. Ils permettent également de mieux contrôler les habitats fauniques qui seront créés par les marais et de protéger la faune dans le ruisseau.

Marais par lagunage sur lit de pierres.

La section de lagunage est en forme de serpentif afin d'augmenter au maximum la superficie de contact avec les plantes aquatiques émergentes sur la plus grande distance possible (150 m) en fonction du terrain dont nous disposons. Le lit de pierres permet l'installation d'une plus grande population de micro-organismes en augmentant les surfaces interstitielles pour leur colonisation. Les plantes installées dans une couche de terre meuble sur ce lit de pierres développent d'importantes racines qui captent le phosphore et l'azote dans l'eau qui passent entre les pierres. Les plantes des lieux

humides ont aussi la particularité de transporter l'oxygène de l'air au système de racines permettant ainsi aux bactéries d'augmenter l'efficacité de leur travail d'épuration. Les superficies de contact avec les plantes comme telles sont très importantes et permettent de favoriser le captage des particules solides contenant du phosphore ainsi que la matière organique en suspension. Le choix des plantes tenait compte de leur potentiel lacustre reconnu et de la charge à épurer (ex. *Acorus calamus*, *Scirpus americanus*, *Juncus effusus*, *Alisma plantago*, *Sagittaria latifolia*). Le serpentín a été construit par creusement et ressemble à un fossé de ferme (profondeur de 60 cm et largeur de 1 à 2 m). Les pentes du serpentín sont de 1 : 1 et 1 : 2 et ont été végétalisées par des herbacées et des arbustes de milieux humides (saule de l'intérieur et myrique baumier). À l'entrée des lagunes, on retrouve un petit bassin de rétention permettant d'effectuer l'échantillonnage de la qualité de l'eau avant son passage dans les marais. À la sortie du lagunage, on retrouve une structure de rétention qui permettra l'échantillonnage de la qualité de l'eau pour mesurer l'efficacité de cette section et qui servira de point de départ pour mesurer l'efficacité de la section suivante.

Un petit bassin de sédimentation a été construit en amont du marais sur lit de pierre afin d'enlever préalablement le plus de particules en suspension qui pourraient colmater trop rapidement les interstices entre les pierres du marais. Le bassin de sédimentation fait donc partie intégrante du concept de marais sur lit de pierres. Il n'y a pas eu de végétation plantée dans ce bassin.

Marais de type étang

Ce marais se situe à proximité de la grange à douze côtés, à l'entrée du Territoire de conservation Walbridge. L'espace était suffisant pour remodeler le terrain et créer un petit étang bordé par une bande riveraine herbacée et arbustive. La terre excavée a été étendue sur le terrain bordant l'étang et un ensemencement a été effectué. On retrouve des plantes aquatiques flottantes dans le marais (*Nuphar variegatum*, *Nymphaea tuberosa*, *Lemna minor*), des plantes émergentes (*Sagittaria latifolia*, *Iris versicolor*, *Scirpus americanus*) et une espèce submergée (*Elodea canadensis*). L'étang a été construit avec un littoral en pente douce jusqu'à une profondeur de 1 mètre et ensuite une pente jusqu'à la profondeur maximale (1,8 m) afin d'éviter l'envahissement par les plantes aquatiques. Les plantes aquatiques servent à capter le phosphore et l'azote. Le bassin permet la sédimentation passive des particules en suspension. Les micro-organismes se développent de façon naturelle dans les sédiments. On retrouve une structure de contrôle entre le marais en lagunage et le marais étang de façon à effectuer l'échantillonnage de la qualité de l'eau. À la sortie de l'étang, on retrouve une autre structure de rétention qui permettra d'échantillonner l'eau et d'évaluer l'efficacité de l'étang. Les infrastructures d'entrée et de sorties permettent de fermer les ouvrages selon toute éventualité.

Suivi des marais

La construction et la surveillance de chantier étaient assurées par BMi Consultants. Le suivi des marais a été effectué par l'Université McGill et l'analyse de laboratoire par l'IRDA et par McGill pendant deux années complètes (2003 et 2004). A fleur d'eau a assuré le suivi des plantations. Le site demeurera en place et le suivi sera assuré par Territoire de conservation Walbridge qui en permettra l'accès selon les besoins pour d'autres échantillonnages et des visites du site.

3. DÉROULEMENT DES TRAVAUX ET DONNÉES TECHNIQUES

La construction des marais s'est déroulée du 15 juillet 2002 au 31 octobre 2002 (voir document photographique à l'annexe C). Au mois de novembre 2002, l'Université McGill a installé les structures de contrôle (les déversoirs). Les appareillages de mesure des débits et d'échantillonnage de qualité des eaux ont été installés au début de l'été 2003.

3.1 Obtention des permis

Une première ébauche du projet a été préparée par Canards illimités afin d'établir les courbes de plaines inondables, les courbes de niveaux d'eau qui seraient atteints selon différents scénarios d'aménagement de marais sur le site. Une première évaluation du sol a été effectuée. Les débits de pointe du ruisseau Walbridge ont été calculés par le MAPAQ (Richard Laroche) dont voici les résultats :

Réurrence 1 dans 2 ans : précipitations	33 mm, débit de pointe de	8,3 m ³ /sec
Réurrence 1 dans 5 ans :	41 mm	9,6
Réurrence 1 dans 10 :	51 mm	12,1
Réurrence 1 dans 25 :	61 mm	14,6
Réurrence 1 dans 50 :	71 mm	17,0
Réurrence 1 dans 100 :	76 mm	18,3

Le débit d'étiage du ruisseau Wallbridge a été évalué à 1 m³/sec. Les deux types de marais retenus devaient être construits en dérivation du cours d'eau afin de respecter les directives de la fiche no 18 du MENV, « Lacs artificiels ». Le marais sur lit de pierre a été conçu sous forme de zigzag afin d'obtenir le maximum de longueur sur la superficie de terrain disponible. Le marais de type étang a été localisé afin de permettre une vue intéressante à partir de la grange ronde à douze côtés. Certains critères ont été établis afin de réduire au minimum les coûts de construction et de fonctionnement des marais pour un usage potentiel en zone agricole : pas de pompage de l'eau, matériaux faciles à trouver (pierres, géotextiles, plantes indigènes), pas de transport des déblais hors du site, espace minimum pour le bassin de sédimentation et l'étang afin de perdre le moins possible de superficies cultivables, construction semblable à ce qui se fait déjà en zone agricole pour les fossés et les étangs de ferme, système d'ouverture et de fermeture manuel, possibilité de fermer complètement les marais en cas de problèmes de mauvaise qualité de l'eau, aménagement attrayant, peu d'entretien avec les années (nettoyage de sédiments, coupe de plantes aquatiques), pas de prolifération de maringouins pouvant transmettre le virus du Nil, pas d'odeurs nauséabondes.

La firme BMi Consultants a été mandatée afin d'effectuer un plan et devis des types de marais retenus et d'effectuer les demandes de permis nécessaires. Les concepts des marais ont été élaborés par Robert Lapalme d'A fleur d'eau, Lucien Méthé et Gilles Bolduc de BMi Consultants, Peter Enright de l'Université McGill et Aubert Michaud de l'IRDA. Lucien Méthé et Gilles Bolduc ont complété les données techniques et les mesures sur le terrain pour élaborer les plans et devis. L'avis de conformité à la réglementation de la municipalité de Saint-Ignace-de-Stanbridge a été obtenu le 19 mars 2002, le Certificat d'autorisation du MENV a été obtenu le 4 juillet 2002, la décision d'autorisation de la Commission de protection du territoire agricole a été obtenue le 22 juillet 2002.

3.2 Démarrage et suivi du projet

Une rencontre de terrain a été effectuée le 29 juillet 2002 avec l'ensemble des intervenants pour préciser les travaux de construction selon le dernier concept élaboré et le certificat d'autorisation du ministère de l'Environnement, direction régionale Montérégie.

Un relevé technique préliminaire a été réalisé par la firme BMi consultants pour vérifier le niveau du roc sous-jacent, les pentes et le type de sol. Ce relevé a permis de préciser les plans et devis pour la réalisation des travaux par l'entrepreneur général.

Au cours des travaux, des réunions de chantiers ont eu lieu aux différentes étapes afin de préciser les travaux et d'effectuer les correctifs : 16 septembre, 8 octobre. Le coordonnateur Peter Enright a visité fréquemment le chantier pour surveiller les travaux et planifier l'installation des appareils de mesure. La coordonnatrice de la Corporation a visité le chantier 2 à 3 fois par semaine tout au long des travaux afin de vérifier l'état d'avancement des travaux, discuter avec le surveillant de chantier de BMi, Christian Bélanger et prendre des photographies des différentes étapes des travaux. Robert Lapalme, responsable des plantations, a également visité le chantier afin de préciser les exigences de pentes et de niveau d'eau pour la plantation.

Les administrateurs de la Corporation ont visité le chantier le 17 octobre 2002 pour discuter des travaux ainsi que le 15 novembre 2002 pour le démarrage des marais et l'approbation des travaux.

3.3 Choix d'un entrepreneur et travaux de construction

Suite aux premiers relevés de terrains, les plans et devis ont été effectués ainsi que les documents en quatre copies pour les soumissions des entrepreneurs. Une visite de chantier a été effectuée le 15 août 2002 avec les entrepreneurs pour l'explication des travaux et l'ouverture des soumissions a été effectuée le 22 août. Le soumissionnaire conforme retenu a été B. Fréreau et fils inc. de Saint-Alexandre, pour un montant total de 37 330,45 \$, montant conforme au devis de BMi consultants.

Les travaux de construction ont débuté le 5 septembre 2002 et se sont terminés le 10 octobre 2002. L'entrepreneur B. Fréreau et fils inc. de Saint-Alexandre a effectué les travaux avec célérité et professionnalisme, sous la supervision de chantier de Christian Bélanger et à la grande satisfaction de BMi Consultants. Malgré les modifications apportées, BMi consultants a maintenu les coûts au niveau de la soumission. On retrouve en annexe le plan du site tel que construit ainsi qu'un document photographique des étapes de construction des marais filtrants Walbridge. Le rapport de vérification des travaux et de facturation a été réalisé par BMi consultants le 7 novembre 2002 et la visite du site pour approbation des travaux avec l'entrepreneur, le 12 novembre 2002.

3.4 Étapes de construction et matériaux utilisés

a) Arpentage du terrain

L'arpentage du terrain de 0,12 hectare a été effectué par BMi Consultant (Gilles Bolduc, ing. agronome et Christian Bélanger, technicien). Des piquets avec drapeaux ont été installés sur le terrain pour le creusage. Les travaux ont ainsi respecté les directives du Certificat d'autorisation exigeant que les ouvrages soient situés à l'extérieur de la plaine inondable 0-20 ans.

b) Creusage de la tranchée

La tranchée en zigzag à une longueur totale de 155 mètres et d'une profondeur d'environ 2 mètres. Sa dénivellation de l'étang de sédimentation jusqu'au marais de type étang permet un écoulement par simple gravité. Le creusage a été effectué par une pelle hydraulique (modèle 235 -D, godet 48 pouces - 36 pouces - fossés, dents défonceuses Ripper).. La largeur moyenne est de 1 à 2 mètres pour un total de superficie de 350 mètres carrés. Environ 460 mètres cubes de terre et de déblais ont été étendu de part et d'autre des tranchées. Le creusage de cette section en zigzag présentait le plus de difficultés étant donné son étroitesse et le rapprochement des courbes

L'épaisseur des matériaux ajoutés représente environ 1 mètre. Les plantes se retrouvent donc à une profondeur d'environ un mètre de la surface du terrain.

Le volume d'eau contenu dans le marais sur lit de pierres calculé en 2004 est de 134,3 mètres cubes, la superficie de 369,6 mètres carrés et la profondeur moyenne de l'eau de 0,4 mètre (une hauteur relative tenant compte de l'eau contenue dans les pierres et le sol).

c) Pose du géotextile

Le géotextile posés au fond de la tranchée permet de retenir l'eau dans la tranchée et de réduire au minimum les pertes souterraines, afin de diriger vers le marais-étang. Ce géotextile est le Texel 7609.

d) Déposition des pierres

Un couche d'environ 60 cm de pierres est déposée au fond de la tranchée. Les pierres rondes sont d'une dimension de 5 à 15 cm de diamètre (gravier de rivière lavée maximum 100 mm de diamètre). Au total, 160 mètres cubes de pierre ont été déposés dans la tranchée.

La couche de pierres a ensuite été recouverte d'un géotextile Armtex 140 dans la section de la tranchée directement en amont du marais étang. Mais ce géotextile a été remplacé dans le reste du zigzag par le Éromax photodégradable 3.4 (fourni par Solmax-Textel Géosynthétiques inc. de Sainte-Foy) plus léger, qui facilitera la traversée des racines des plantes aquatiques afin de se nourrir des éléments nutritifs dans les interstices entre les pierres.

e) Déposition de la terre meuble

Sept voyages de camions 10 roues de terre végétale ont été nécessaires pour couvrir les pierres d'une épaisseur d'environ 15 cm.

f) Creusage du bassin de sédimentation

Le bassin de sédimentation à une superficie de 14 m par 8 m. Environ 48 mètres cubes de sol ont été retirés et étendus entre le bassin et le ruisseau, formant une légère élévation.

Le bassin de sédimentation à un volume d'eau de 54,1 mètres cubes, une surface de 75,5 mètres carrés et une profondeur moyenne de 0,7 mètre.

g) Creusage de l'entrée d'eau et installation des tuyaux

L'entrée d'eau est effectuée par deux tuyaux amenant l'eau à partir d'une fosse naturelle du ruisseau vers un puits de contrôle d'entrée d'eau pour le marais. Les deux tuyaux sont installés en parallèle, l'un par-dessus l'autre afin de capter les forts débits et les faibles débits. Le tuyau en PVC de 100 mm (pour les faibles débits) est en dessous et le tuyau de 200 mm pour les plus forts débits est par-dessus (TPO Plus à double paroi). Le tuyau de 100 mm est équipé d'une valve de fermeture dans le puits de contrôle. Le tuyau de 200 mm pour être fermé en installant un capuchon à son entrée dans le ruisseau. Une grille y a été installée afin de réduire l'entrée de débris dans ce tuyau plus gros.

Pour le puits de contrôle, un « regard d'égout » en polyéthylène de 900 mm de diamètre avec couvercle (fourni par Luc Laguë, fosses septiques-déneigement de Saint-Luc) a été installé sur le tuyau d'entrée d'eau pour effectuer les manœuvres d'ouverture et fermeture par une valve de contrôle (porte coulissante avec tige dévissante et poignée en T).

Le tuyau d'alimentation, qui amène l'eau du puits de contrôle vers le bassin de sédimentation, est un tuyau TPO Plus à double paroi de 200 mm de diamètre.

h) Creusage de l'étang et adoucissement des pentes

L'étang a une superficie de 1281 mètres carrés. L'étang contient un volume d'eau de 834,6 mètres cubes (calculé en 2004), une superficie de 770,6 mètres carrés et une profondeur moyenne de 1,1 mètre. La profondeur maximale au centre est d'un peu plus de 1,8 mètre.

Environ 3 600 mètres cubes ont été excavés et les déblais ont été déposés entre l'étang et le mur de briques longeant la rue par un bélier mécanique.

i) Creusage de l'exutoire

L'exutoire de l'étang est un fossé empierré de 25 m de longueur. Aucune plante n'a été plantée dans cet exutoire qui a été colonisé par les plantes naturelles du ruisseau. A la sortie de l'étang (au début de l'exutoire) on retrouve un déversoir, formé d'une plaque de métal avec une ouverture supérieure en V pour mesurer le débit d'eau qui passe par-dessus. Cette plaque peut servir de porte pour fermer l'étang en cas de besoin en fermant l'ouverture en V.

j) Adoucissement des pentes des tranchées et de l'étang

Les pentes des tranchées en zizania étaient trop prononcées et ont été adoucies pour avoir une pente au minimum de 1 : 1 et au mieux de 1 : 2.. Cette pente permet de réduire les problèmes d'érosion et correspond à ce que l'on fait pour les fossés de ferme.

La section aval de l'étang avait une pente douce mais la section de la rive droite avec une pente trop prononcée. Elle a été adoucie de façon à réduire les problèmes d'érosion au printemps étant donné que les travaux n'ont pas pu bénéficier d'un ensemencement assez tôt en saison. L'ensemencement d'automne ne permet pas une pousse assez importante pour protéger le terrain au printemps suivant.

k) Installation des déversoirs

Des déversoirs ont été installés à la sortie du bassin de sédimentation, à la sortie du zigzag et à la sortie du marais-étang le 16 octobre 2003. Ces déversoirs sont des plaques de métal avec une encavure en V pour établir le niveau d'eau maximal dans chaque section des marais et pour mesurer les débits. Le contrôle de niveau se fait par gravité.

Au pied des déversoirs, un géotextile Texel 7609 a été installé avec une couche de pierres de rivière (un total de 30 mètres cubes de pierre).

3.5 Travaux de plantation et végétalisation

Les travaux de plantation n'ont pu être effectués avant le 19 septembre 2002, ce qui était un peu tard dans la saison. Mais les plantes étaient d'excellente qualité et ont bien résisté au choc de transplantation, d'autant plus que le mois d'octobre a été assez chaud. Les eaux de pluies ont maintenu un niveau d'eau minimale constant pour ces plantes de milieux humides. Le plan et la liste des plantes se retrouvent à l'annexe 2. Les plantations ont été réalisées en service par l'Entreprise à Fleur d'eau et le coût des plants n'a pas dépassé le budget prévu de 15 000 \$. A Fleur d'eau a effectué la vérification des plantations l'année suivante et à rajouter quelques espèces en particulier dans le marais étang puisque l'érosion de la rive a provoqué l'envasement de plants en pied de berge.

a) Choix des plantes

Le choix des plantes a été effectué par Robert Lapalme, de A fleur d'eau situé à Stanbridge East, spécialisé dans la production de plantes aquatiques et de jardins d'eau. Il n'y a pas eu de plantation dans le bassin de sédimentation.

b) Plantation dans l'étang

Les plantations dans l'étang ont été effectuées au pied de la pente droite jusqu'à l'exutoire.

150 *Élodea canadensis*, 170 *Eleocharis palustris*, 200 *Penthorum sedoides*, 200 *Scirpus americanus*, 25 *Nuphar variegatum*, 100 *Mentha aquatica*, 50 *Nymphaea tuberosa*, 200 *Equisetum hyemale*, 300 *Sagittaria latifolia*, 200 *Carex* sp , 200 *Iris versicolor*, 100 *Pontederia cordata*, *Juncus effusus*, 1 000 *Lemna minor*

c) Plantation sur lit de pierre

Les plantations sur lit de pierre ont été effectuées en section d'une même espèce afin de pouvoir vérifier leur taux de survie et leur potentiel de croissance.

300 *Scirpus americanus*, 200 *Acorus Calamus*, 400 *Sagittaria latifolia*, 1 000 *Juncus effusus*, 600 *Phalaris arundinacea*, 300 *Alisma plantago*, 200 *Iris versicolor*

d) Plantation d'arbustes

Sur la rive droite du marais en zigzag des plants de myriques baumiers ont été plantés sur un premier étage près du fond et de plants plus petits sur une deuxième rangée au milieu de la pente adoucie. Sur la rive gauche, des plants de saules de l'intérieur ont été plantés sur deux rangées également. Le nombre total de plants de myriques est d'environ 150 ainsi que le nombre de plants de saule qui ont été fournis par A fleur d'eau.

Sur le haut des talus du marais en zigzag, 15 plants de thuya occidentalis ont été fournis par la pépinière Brise-Vent de Saint-Sébastien. Quelques plants de cornouillers stolonifères ont également été rajoutés dans les pointes du zigzag.

e) Ensemencement des déblais et des pentes

L'ensemencement de la zone de déblais d'une superficie de 4 000 mètres carrés (bassin sédimentation, tranchées, étang) a été effectué avec deux mélanges. Près des marais, sur les talus, le mélange Labon 320-400 a été utilisé, il s'agit d'un mélange spécial pour les rives. Pour le déblais de l'étang, avec un sol plus pauvre, le mélange régulier McKenzy de Labon a été utilisé. Les ensemencements ont eu lieu tard l'automne puisque les travaux ont été réalisés au début de l'automne. Il y a une pousse intéressante sur les pentes et le replat le long des marais mais sur le sol de déblais de l'étang, la pousse a été faible avant l'hiver.

3.6 Installation des appareils de mesure

Les appareils de mesure de l'Université McGill ont été commandés en octobre mais plusieurs éléments n'ont été livrés qu'en décembre 2002. Leur installation a été reportée au printemps 2003. Durant la construction des marais, des tuyaux de plastique de 255 mm et 37 mm ont été enterrés sur le site, afin de permettre l'installation des câbles des senseurs plus tard, sans avoir à bouleverser le site à nouveau.

Les appareils de mesure comprennent des plaques métalliques ou déversoir de 1,5 mètre de large avec encavure en V (30 cm, V de 90°) pour contrôler les niveaux d'eau, des appareils pour évaluer le niveau de l'eau et des appareils d'échantillonnage automatique installés dans des boîtes de bois surélevées et peintes en rouge, aux cinq sites d'échantillonnage. Les coûts de ces appareillages, leur installation, leur mise en service, les coûts d'opération et leur entretien sont offerts en services par l'Université McGill.

Il y a deux systèmes d'enregistrement indépendant sur le site. Le premier comprend 5 Leveloggers (Solinst inc.). Ces unités sont des transducteurs de pression scellés avec un système automatique de mesure. Cette unité mesure la pression totale à chaque 15 minutes. La pression est ensuite corrigée selon la pression atmosphérique en utilisant un

baromètre localisé sur le site. Deux unités ont été installées dans le système de contrôle avant le démarrage des marais pour obtenir les données de référence en mars 2003. Les 3 autres ont été localisés aux trois déversoirs en mai 2003..

Le second système, qui est le système principal, comprend deux enregistreurs de données (dataloggers) Campbell Scientific 23X, pour effectuer le suivi du niveau d'eau dans le ruisseau, dans le puits, en amont et en aval de chaque déversoir. En amont de chaque déversoir, un appareillage a été installé pour mesurer le niveau de l'eau en permanence : un transducteur de pression submergé et une sonde ultrasonique. Un senseur unique est placé en aval de chaque déversoir pour évaluer la submersion. En plus, le niveau de l'eau est suivi dans le ruisseau et dans la structure de contrôle située dans le puits de contrôle. Une équation est utilisé pour évaluer le débit dans le marais en fonction du niveau des eaux : débit (l/s) = 1380 x niveau de l'eau (m)^{2.5}.

Ces unités font aussi le suivi de la température de l'air, de l'eau et du sol, des radiations solaires, de la pluie, et de l'épaisseur de neige. Ce suivi est effectué à toutes les 60 secondes, et les moyennes (ou totales) sont conservées chaque 15 minutes pour la pluie et le niveau d'eau et à toutes les heures pour la température et les radiations. Ces unités fonctionnent à l'énergie solaire et les données sont accessibles par un modem cellulaire.

Des échantillonneurs automatiques de l'eau (WS300, Global Water) sont placés à tous les points de suivi sauf dans le ruisseau, pour prendre les échantillons lors des événements d'écoulement majeur. Ils sont contrôlés par les unités de suivi de débit et sont activés seulement quand le niveau d'eau dans les seuils atteint 12,5 cm (environ 7,5 l/s). À ce point là, ils prennent un échantillon composite pondéré selon le débit.

L'ensemble de ces installations a été finalisé au début de juillet 2003.

3.7 Travaux en 2003 et 2004

a) Stabilisation des berges et drainage de surface

Le drainage de surface près de l'étang a causé des problèmes d'érosion. Un petit canal a donc été construit pour évacuer les eaux de surface sur la rive droite de l'étang (section où les déblais ont été étendus). Un fossé existant a été réaménagé entre la grange ronde et l'étang de façon à mieux diriger les eaux de surface vers le ruisseau et ne pas contaminer l'étang. Il existe une résurgence des eaux souterraines de couleur rougeâtre qui apparaît au printemps et se déverse dans la section en pente douce de l'étang. Cette résurgence ne cause pas de problèmes majeurs.

La rive droite de l'étang a présenté de sérieux problèmes d'érosion au printemps 2003. Des travaux de stabilisation ont été réalisés en partenariat avec l'IRDA et le MAPAQ. Des plaques de gazon ont été installées afin d'accélérer la végétalisation difficile dans ce secteur comprenant de la terre de déblais de l'étang. Un étudiant de McGill a assuré l'arrosage de cette section à l'aide d'un pompage de l'eau de l'étang, durant la période sèche en été. Le gazon a très bien repris au printemps 2004, il n'y a pas eu de problèmes d'érosion sur cette section. Mais sur la section adjacente, l'érosion persistait. Des plaques de gazon ont donc été rajoutées en 2004 pour complètement recouvrir la berge droit de l'étang (sans dans la section en pente douce où la végétalisation naturelle va bon train.

A la sortie du marais en zigzag ainsi qu'à l'entrée du marais-étang, rive droite, des méthodes de stabilisation ont été testées. Le sol a été recouvert de jute retenue en place par des piquets et des arbustes ont été plantés dans la jute (Viorne lentago). Cette méthode a été très efficace. La jute se déchire avec le temps mais les arbustes et la végétation naturelle sont en place.

Une plantation d'arbuste a été organisée avec A fleur d'eau, le MAPAQ et l'IRDA. La majorité des arbustes a été plantés sur la rive droite de l'étang et le reste sur la rive gauche du bassin de sédimentation et du marais sur lit de pierre. Les arbustes plantés étaient : Viorne lentago (alisier) , Sureau du Canada (sureau blanc), Rosier rugueux , Cornouiller à feuilles alternes, Thuya occidental (cèdre). En pied de berge de l'étang, on a rajouté du Myrique baumier et Phalaris roseau.

b) Ajustement des appareils de mesure

Peter Enright de McGill a effectué les ajustements des appareils de mesure de débits et d'échantillonnage au cours du projet. La forte croissance des plantes aquatiques en dessous des appareils ultrasoniques a provoqué de fausses lectures de débit à la fin de l'été 2003. En 2004, les supports des sondes ultrasoniques ont été légèrement affectés par le gel de l'hiver, ce qui a aussi requis certains ajustements au démarrage des marais.

c) Ajout de plantes aquatiques

Des plantes aquatiques ont été ajoutées en 2003 par A Fleur d'eau et par l'étudiante de l'Université McGill, Christina Laflamme, en particulier des Juncus effusus à la place des carex dans le marais et des Glyceria aquatica au début du marais en zigzag.

En 2004, nous avons constaté que de nouvelles espèces de plantes aquatiques se sont installées naturellement en particulier du rubanier et des quenouilles.

d) Végétalisation des berges

L'ensemencement a été complété en 2003 sur les berges du marais en zigzag ainsi qu'en 2004. Malheureusement, du mélilot a été utilisé en 2004 sur les superficies difficiles à végétaliser et il y a eu un envahissement de cette plante très désagréable pour les visites de terrain et très peu esthétique. Les arbustes de myriques et de saules de l'intérieur ont très bien résisté à l'érosion de la berge (descente de sol et des arbustes vers le fond). Ils poussent très bien et sont en santé. Les pentes du marais en zigzag sont maintenant stables.

Pour ce qui est de la zone de déblais du marais étang, la végétalisation est très lente mais aucun ensemencement n'a été rajouté afin de vérifier véritablement l'efficacité des travaux réalisés. À l'automne 2004, les herbacées recouvraient approximativement 50 % de la superficie.. L'ajout de trèfle aurait peut-être accéléré la reprise herbacée. Évidemment, il n'était pas question d'ajouter de l'engrais contenant du phosphore ou de l'azote afin d'éviter de contaminer les marais.

3.8 Ouverture et fermeture des marais

Les marais ont été démarrés le 16 mai 2003 et ont été fermés le 2 décembre 2003. L'ouverture des marais consista à ouvrir la porte qui bloque l'entrée d'eau à l'intérieur du puits de contrôle. Le mécanisme d'ouverture est manuel et consiste à tourner une manivelle reliée à une vis sans fin qui soulève la porte devant l'entrée d'eau. L'eau parvient au bassin de sédimentation dont le niveau s'élève lentement et l'eau finit par rejoindre le V de la plaque du déversoir à la sortie du bassin. L'ouverture est effectuée pour obtenir un débit d'environ 5 l/sec. Au cours de l'été, l'ouverture est ajustée en fonction de la baisse du niveau d'eau dans la rivière. Le débit d'eau en dérivation du cours d'eau ne doit jamais dépasser 5 % du débit d'étiage pour respecter le Certificat d'autorisation du MENV.

En 2004, les marais ont été ouverts le 9 mai et ont été fermés le 26 novembre. En 2004, un nettoyage de la section de tuyau entre l'entrée d'eau et le puits de contrôle contenant le mécanisme d'ouverture d'entrée d'eau a été effectué à l'aide d'un pompage. Les sédiments ont été retirés avec des débris, ce qui a débloqué le tout. La section de tuyau entre le mécanisme de contrôle et le bassin de sédimentation n'était pas envasée. Probablement que dans le futur, ce tuyau devra également être nettoyé. Pour régler le problème, un capuchon a été installé sur le tuyau de 200 mm à l'automne 2004.

3.9 Échantillonnage en 2003 et 2004

Les échantillons d'eau ont été obtenus à 5 points dans les marais : dans le ruisseau, dans la structure de contrôle, à la sortie du bassin de sédimentation, à la sortie du marais en zigzag, à la sortie de l'étang. Les échantillons ont été pris deux fois par mois et ont été envoyés au laboratoire de l'IRDA pour analyse : azote ammoniacal, nitrates, orthophosphates, phosphore dissous total, phosphore particulaire, phosphore total, phosphore biodisponible, potassium, calcium, magnésium, sodium, pH et matière en suspension.

En comparant les points d'échantillon entre A et E on obtient l'efficacité globale et les points entre eux de A à E, l'efficacité de chaque section.

En 2003, l'échantillonnage a été effectué sur 14 jours entre le 16 mai et le 18 novembre et un total de 70 échantillons ont été analysés par l'IRD. En 2004, 75 échantillons ont été pris pendant 15 jours entre le 13 mai et le 22 novembre.

D'autres échantillonnages ont été effectués chaque semaine pour une analyse interne à l'Université McGill. Pendant les périodes de ruissellement, des échantillons supplémentaires ont été effectués à la main et par les échantillonneurs automatiques. En 2003, 220 échantillons ont été pris sur 44 périodes de temps séparées (incluant 17 échantillonnages automatiques). En 2004, 180 échantillons ont été pris sur 36 périodes différentes (26 échantillonnages automatiques).

4. LES RÉSULTATS OBTENUS

4.1 Contrôle de l'entrée d'eau et temps de séjour

Le débit visé d'entrée d'eau est de 5 litres par seconde (0,005 m³/sec). Le dénivelé du marais (inclinaison entre l'entrée et la sortie) est d'environ 12 cm par section. L'eau circule par gravité (il n'y a pas de pompage de l'eau). La vitesse de l'eau dans le marais est de 0,10 à 0,15 m / sec (4 à 6 pouces / sec). L'épaisseur d'eau dans le marais en zigzag est de 6 à 15 cm.

Durant les périodes d'étiage, le débit est lent et dans le marais en zigzag, l'eau circule dans le gravier. Il y a de l'eau sur le dessus de la terre végétale dans ce marais mais la vitesse est alors de presque nulle. En période de débit plus important dans le ruisseau, il y a plus d'eau qui entre dans le marais et l'eau circule dans les pierres et sur le dessus.

En 2003, le débit moyen a été 5,45 l/s. En 2004, le débit moyen a été de 4,42 l/sec et le débit maximum sur une période de 24 heures de 21,67 l/sec.

Le temps de rétention a été évalué en 2003, en période de débit faible (2,5 l/sec) , débit visé (5 l /sec), débit moyen (5,45 l/sec), fort débit (20 l/sec) et maximum atteint (23 l/sec).

Dans le **bassin de sédimentation** le temps de rétention est de :

- 6 heures pour débit faible (2,5 l/sec)
- 3 heures pour débit visé (5 l/sec)
- 2,7 heures pour débit moyen (5,45 l/sec)
- 0,75 heure pour fort débit (20 l/sec)
- 0,65 heures pour débit maximum atteint (23 l/sec).

Dans le **marais sur lit de pierres**, le temps de rétention est de :

- 15 heures pour débit faible (2,5 l/sec)
- 7,5 heures pour débit visé (5 l/sec)
- 6,85 heures pour débit moyen (5,45 l/sec)
- 1,9 heure pour fort débit (20 l/sec)
- 1,6 heures pour débit maximum atteint (23 l/sec).

Dans le **marais de type étang**, le temps de rétention est de :

- 92,7 heures (3,8 jours) pour débit faible (2,5 l/sec)
- 46,3 heures (1,9 jours) pour débit visé (5 l/sec)
- 42,4 heures (1,5 jours) pour débit moyen (5,45 l/sec)
- 11,6 heures pour fort débit (20 l/sec)
- 10 heures pour débit maximum atteint (23 l/sec).

Pour les **marais au complet**, le temps de séjour est de :

- 113,7 heures (4,7 jours) pour débit faible (2,5 l/sec)
- 56,83 heures (2,3 jours) pour débit visé (5 l/sec)
- 52,14 heures (2,2 jours) pour débit moyen (5,45 l/sec)
- 14,21 heures pour fort débit (20 l/sec)
- 12,4 heures pour débit maximum atteint (23 l/sec).

4.2 Résultats d'efficacité des marais filtrants

Les résultats de toutes les analyses se retrouvent dans l'annexe 4. La donnée la plus significative pour l'amélioration de la qualité de l'eau dans le bassin versant de la baie Missisquoi est le phosphore.

a) Phosphore en 2003

En 2003, l'échantillonnage s'est déroulé de mai à novembre. La **réduction du phosphore total a été de 33 %**, à partir de l'eau du ruisseau jusqu'à la sortie (déversoir de l'étang), lorsqu'on utilise la moyenne de la concentration sur toute la période passant de 0,125 mg/L à 0,084 mg/L. Lorsqu'on compare la concentration médiane de phosphore (concentration à laquelle 50 % des échantillons sont en dessous et 50 % au-dessus), la baisse n'est que de 14 % passant de 0,043 mg/L à 0,037 mg/L. Ceci s'explique par le fait qu'il y a eu des événements climatiques qui font varier grandement les concentrations de phosphore. Au printemps (mai-juin), la moyenne dans le ruisseau était de 0,040 mg/L, l'été (juillet-août, septembre), de 0,060 et l'automne (octobre, novembre) de 0,270 mg/L. Ce qui a eu comme conséquence de faire varier beaucoup l'efficacité du marais, surtout que la première année, les plantes ne sont pas à leur maximum de croissance.

L'efficacité de chaque élément avec la moyenne est la suivante.

- L'entrée d'eau (du ruisseau à l'entrée dans le puits) : réduction de 10 %
- Bassin de sédimentation (du puits au déversoir du bassin) : réduction de 42 %.
- Marais sur lit de pierre (du bassin au déversoir du zigzag) : réduction de 12 %
- Marais de type étang (du zigzag au déversoir de l'étang) : augmentation de 46 %.

Ces résultats démontrent que la sédimentation des particules permet une bonne réduction du phosphore total (bassin). Il y a une réduction du ruisseau à l'entrée d'eau par sédimentation dans le tuyau. Dans le marais sur lit de pierre, les résultats sont plus faibles probablement parce que les plantes n'étaient pas à leur pleine croissance. Mais dans l'étang, la concentration a fortement augmenté l'automne parce que l'eau du ruisseau s'est introduite dans le marais par son exutoire, et au moments de l'échantillonnage, l'eau qui sortait du marais était essentiellement la même que l'eau qui rentrait. Le mois d'octobre 2003 a été très pluvieux avec 134 mm (Philipsburg) comparée à une moyenne à long terme de 1971 à 2004 de 97,8. Même chose en novembre avec 134,2 mm comparé à 91,3.

Une analyse plus poussée nous permettra de connaître l'efficacité des marais en fonction du phosphore dissous, orthophosphates et phosphore biodisponible.

b) Phosphore en 2004

En 2004 l'échantillonnage s'est également déroulé de mai à novembre et les marais ont atteint un meilleur développement. Il n'y a pas eu de réinfiltration de l'eau dans l'étang à partir du ruisseau l'automne. Les pluies ont été beaucoup moins importantes soit 42,2 mm en octobre (comparé à 161 mm en 2003) et 49,2 mm en novembre (134,2 en 2003). Par contre, le mois de juillet a été davantage pluvieux en 2004 avec 111 mm comparé à 74 en 2003 mais est demeuré dans la moyenne de 1971 à 2004 qui est de 110mm.

Avec ces plus fortes pluies en 2004, on constate que la moyenne de concentration de phosphore l'été était de 0,083 mg/L dans le ruisseau, comparativement à une moyenne de 0,068 au printemps et de 0,050 l'automne. Mais pour la moyenne générale des trois saisons, il y a eu moins de phosphore total dans le ruisseau qu'en 2003 (0,125 mg/L en 2003 et 0,069 en 2004).

Les résultats sont plus concluants autant pour les moyennes que les médianes pour l'efficacité des marais. Le **phosphore total a été réduit de 40 %** (du ruisseau à l'exutoire de l'étang), soit de 0,069 mg/L à 0,042 mg/L. Si on prend la médiane, la réduction est de 33 %, passant de 0,055 mg/L à 0,037 mg/L.

Par section maintenant, on constate qu'il y a plus de phosphore dans l'entrée d'eau (0,077 mg/L) que dans le ruisseau (0,069 mg/L) en 2004, ce qui suggère une légère accumulation du phosphore dans les sédiments du tuyau. Peut-être que le nettoyage du tuyau au démarrage des marais a remis en suspension du phosphore.

Mais, par section, les résultats sont très positifs en 2004. L'efficacité du bassin de sédimentation est de 12 % (0,077 mg/L à 0,068 mg/L); l'efficacité du marais sur lit de pierre est de 28 % (0,068 mg/L à 0,049 mg/L); et l'efficacité de l'étang est de 14 % (0,049 mg/L à 0,042 mg/L).

	2003	2004
L'entrée d'eau	réduction de 10 %	augmentation de 12 %
Bassin	réduction de 42 %.	réduction de 12 %
Zigzag	réduction de 12 %	réduction de 28 %
Étang :	augmentation de 46 %	réduction de 16 %
Total	réduction de 33%	réduction de 40%

La comparaison d'une année à l'autre tend à démontrer que l'efficacité dépend de l'état de développement des plantes aquatiques et du temps de séjour de l'eau. Les débits étant plus lents en 2004, le temps de séjour a été plus long partout mais la réduction du phosphore dans les bassin de sédimentation et dans l'étang ont été moins efficace que le marais sur lit de pierre dans lequel les plantes aquatiques avaient atteint une forte croissance. Peut-être qu'avec les fortes pluies et les fortes concentrations de phosphore dans le ruisseau en 2003, il y avait davantage de phosphore particulaire qui a pu sédimenter dans le premier bassin. Pour ce qui est de l'efficacité du marais de type étang, il se compare au bassin de sédimentation. Les plantes aquatiques ne sont pas non plus à leur croissance optimale, il joue donc davantage le rôle de bassin de sédimentation pour le moment. C'est à vérifier avec une analyse plus fine des différents types de phosphore.

Selon les trois saisons maintenant, l'augmentation de phosphore dans l'entrée d'eau (dans le puits de contrôle) s'est produit fortement au printemps, pas du tout l'été et un peu l'automne. L'efficacité du bassin de sédimentation a été similaire pendant les trois saisons. L'efficacité du marais sur lit de pierre a été excellente le printemps et l'été et un peu moins bonne l'automne. Le marais étang a eu une meilleure efficacité au printemps et plus faible l'été et l'automne.

c) Charge totale de phosphore

Pour calculer les charges, seulement les données des échantillons envoyés au laboratoire de l'Université McGill ont été considérées, puisqu'ils ont été pris plus fréquemment.

Si on calcule la charge de phosphore (concentration x débit) ce qui donne en 2004, 4,43 kg de phosphore dans l'entrée d'eau (puits), on obtient une réduction de 9 % dans le bassin de sédimentation (4,05 kg au déversoir du bassin), une réduction de 23 % par le marais sur lit de pierre (3,10 kg au déversoir du zigzag), et enfin une réduction de 18 % dans l'étang (2,53 kg au déversoir de l'étang) pour une **réduction totale de 43 %, du puits jusqu'à l'exutoire de l'étang.**

Pour ce qui est de la charge en **orthophosphate, la réduction totale est de 53 %** avec une réduction de 12 % dans le marais sur lit de pierre et de 36 % dans l'étang. Pour le **phosphore dissous, une baisse totale de 47 %** avec 18 % pour le marais sur lit de pierre et 29 % pour l'étang.

Pour comparer, par section :

	P total	Orthophosphate	P dissous
Réduction totale	43 %	53 %	47 %
Réduction lit de pierre	23 %	12 %	18 %
Réduction étang	18 %	36 %	29 %

Mais quand on analyse ces données, il faut comprendre que l'étang est plus volumineux que les autres éléments. Donc en terme de réduction par mètre carré, c'est le lit de gravier qui est le plus efficace.

d) Azote

Pour ce qui est de l'azote, seules les médianes ont été utilisés pour comparaison dans l'analyse de Christina Laflamme.

L'azote ammoniacal démontre une augmentation en 2003 de 39 % mais une augmentation moins forte en 2004 de 5 %. En fait, il n'y a pas de réduction de concentration parce que la concentration est au départ très faible dans le ruisseau soit 0,080 Mg/L pour 2003 et 0,036 pour 2004.

Pour les **nitrites**, il y a une **réduction de 10 % en 2003** et de **48 % en 2004.**

5. LES BIENS LIVRABLES

On retrouvera à l'annexe un le plan tel que construit, à l'annexe 2 le plan des plantations, à l'annexe 3 un document photographique complet, à l'annexe 4 le rapport de McGill sur les résultats (incluant les échantillonnages), à l'annexe 5 le rapport sur la biodiversité évolutive des marais. A l'annexe 6, on retrouve un tableau d'interprétation du projet.

5.1 Construction des marais

Les marais ont été construits tels que les plans approuvés par la municipalité de Saint-Ignace-de-Stanbridge, le Certificat d'autorisation du MENV et l'autorisation de la CPTAQ. Voir l'annexe 1 pour le plan tel que construit et les schémas techniques et l'annexe 3 pour le document photographie.

Nous effectuerons la passation officielle des marais filtrants à l'organisme sans but lucratif « Territoire de Conservation Walbridge » dès que le rapport final aura été approuvé.

5.2 Plantation

On retrouve les informations sur les plantations dans la section sur les travaux. Le plan des plantation est à l'annexe 2. Un tableau sur l'évolution des plantations et de la biodiversité est présenté à l'annexe 5.

En résumé, les plantes aquatiques ont très bien poussé dès l'année 2003. En 2004, la végétation a poussé plus rapidement en début de saison, en mai. Sur les berges, la végétation a poussé assez bien en 2003, mais de façon plus abondante en 2004.

On a constaté que les espèces qui ont poussé en abondance dans le marais sur lit de pierre en 2003 étaient *Acorus Calamus*, *Sagittaria latifolia*, *Juncus effusus*, *Alisma plantago*. Celles qui ont le moins bien réussi étaient *Scirpus americanus*, *Phalaris arundinacea* et *Iris versicolor*. Curieusement en 2004, certaines espèces abondantes en 2003 ont eu de la difficulté comme *Sagittaria latifolia* et *Alisma plantago*. Les espèces toujours aussi abondante étaient *Acorus Calamus* et *Juncus effusus*. Pour ce qui est de *Acorus*, on a remarqué que les plants ont été coupés à la fin de l'été probablement par des rats musqués. Il est possible que la même chose se soit produite pour *Alisma plantago* et *Sagittaria latifolia*. Pour ce qui est de l'*Iris versicolor*, il se peut que le niveau d'eau était trop haut en permanence dans sa section. Curieusement, *Scirpus americanus* et *Phalaris roseau* n'ont pas profité de ce marais sur lit de pierres. Pour le phalaris, il se peut que dans cette section, le géotextile était trop épais, ce qui aurait nuit à son enracinement.

D'autres espèces se sont implantées naturellement : évidemment la quenouille *Typha latifolia* ainsi que le beau rubanier, le *Sparganium americanum*, et des carex.

Dans le marais de type étang les plants ont subi l'envasement provoqué par l'érosion de la berge. Les espèces qui ont survécu sont *Elodea canadensis*, *Nuphar variegatum*, *Sagittaria latifolia*. Les lentilles d'eau sont abondantes (*Lemna minor*) et elle se sont propagées dans le marais sur lit de pierre et dans l'exutoire de l'étang. Des *Juncus* ont été plantés à la place des carex et ont bien poussé et ainsi que le phalaris roseau.

D'autres espèces se sont introduites naturellement dans l'étang, comme le Potamogeton epihydrus, le myriophille (de Sibérie ou à épi) et l'Alisma plantago s'y développe aussi.

Sur les berges du marais sur lit de pierres, des arbustes ont été plantés et leur évolution a été évaluée. On peut dire que les saules de l'intérieur qui ont été plantés sur la rive gauche ont bien pris, malgré une descente de sol sur la berge à quelques endroits. Plusieurs saules se retrouvent les pieds dans l'eau mais semblent bien apprécier ce fait. La croissance a été de 10 à 20 cm. Pour ce qui est des plants de myriques baumier, ils ont bien résisté aussi mais leur croissance est moins importante que celle des saules soit d'environ 5 à 10 cm. Plusieurs myriques se retrouvent étouffés dans les herbacées semées sur la berge, en particulier dans le mélilot.

Quelques plants de thuya ont été plantés dans la pointe des courbes et ont de la difficulté dans la végétation luxuriante. Les plants moins étouffés, près des appareils de mesure sont en bonne forme. Quelques plants de cornouiller ont été repérés dans la végétation et devraient survivre.

Sur les berges de l'étang, des plaques de gazon ont été installées étant donné l'urgence d'arrêter l'érosion de la berge et l'envasement de l'étang. Avec un bon arrosage durant les périodes plus sèches, le gazon a très bien pris. Au pied de la pente, des arbustes ont été plantés (Myrique baumier) ainsi que du Phalaris roseau.

Sur le haut de la pente, des arbustes ont été plantés mais n'ont pas bien résisté le sol étant trop dur. Il y a eu un blanchiment des feuilles aussi. Les espèces étaient : Viburnum lentago, Sureau blanc, Rosier rugueux

5.3 Suivi biologique

Pour ce qui est de l'évaluation de la biodiversité, on peut dire que la végétation autour des marais s'est développée rapidement, une partie grâce à l'ensemencement et le reste naturellement. On retrouve maintenant une bonne biodiversité végétale. On peut citer les espèces suivantes selon une première identification : Ambrosia artemissifolia (petite herbe à poux), Asclepias syriaca (petits cochons), pousses de bouleau à papier, Centaurea pratensis, Eupatorium cannabinum, Impatiens capensis, Iris versicolor, Leotodon taraxacum, Lythrum salicaria, Melilotus officianlis, Mentha, Pastinaca sativa, Solidago virga aurea, Medicago lupulina, Vicia Cracca, Lotus corniculatus, Polygonum Persicaria (renouée), Erysimum cheiranthoides (vélar fausse giroflée), Cirsium arvense (chardon), oxalis stricta (surette), Phleum pratense (mil), Mimulus ringens (mimule), Verbena hastata (verveine), Parthenocissus quinquefolia (vigne)

Pour ce qui est de la faune, elle s'installe progressivement et plus rapidement pour ce qui est des grenouilles et des petits poissons. On retrouve aux alentours et dans les marais : Cerf de Virginie, Marmotte, Rat musqué, Martin pêcheur, Sarcelle à ailes bleues, Canard colvert, Petit héron vert, Grand héron bleu, Bruant chanteur, Étourneau sansonnet, Hirondelle bicolore, Merle d'Amérique, Pluvier kildir, Cardinal rouge, Bécasseau minuscule, Martin pêcheur, Carouge à épaulettes, Chardonneret jaune, Geais bleus, Cormoran, Grand pic, Grenouille léopard, Grenouille verte, Ouaouaron, Chélydre serpentine (tortue), Écrevisse, Couleuvre rayée, Meunier noir (poisson), cyprinidés.

5.4 Échantillonnage

a) Qualité de l'eau

Le détail des échantillonnages se retrouve dans le rapport de l'Université McGill à l'annexe 4

b) Sédiments

Les sédiments accumulés dans le tuyau menant au puits de contrôle pendant l'année 2003 ont été échantillonnés en 2004, lorsqu'ils ont été retirés par le nettoyage pour l'ouverture du marais. Ces sédiments sont riches en aluminium et en fer avec une concentration en phosphore faible. Les sédiments ne contiennent que peu de matière organique et de carbone organique.

Il n'y a pas eu d'odeurs nauséabondes. Si des problèmes survenaient dans le futur, un système d'oxygénation par diffuseur utilisant l'énergie éolienne ou solaire pourrait être installé.

c) Retrait de nutriments par la végétation

La végétation a également été analysée en 2003.

Les espèces avec une plus grande biomasse telles que *sagittaria latifolia* et *alisma plantago* ont une plus grande concentration d'azote et de phosphore. La quenouille démontre également une bonne rétention de l'azote et du phosphore. En ordre décroissant de concentration de phosphore par gramme de biomasse et d'azote (Kjedahl) :

Phosphore

Sagittaria latifolia
Alisma plantago
Typha latifolia
Acorus calamus
Glyceria aquatica,
Scirpus americanus
Juncus effusus
Phalaris arundinacea

Azote

Alisma plantago
Typha latifolia
Scirpus americanus
Acorus calamus
Sagittaria latifolia
Juncus effusus
Phalaris arundinacea
Glyceria aquatica

d) Virus du Nil

Il y a eu une étude en 2003, sur les maringouins dans les étangs par une étudiante de l'Université McGill, Caroline Begg. L'échantillonnage a été dans 6 zones des marais, en surface et en profondeur, 4 journées (16 juin, 2 juillet, 21 juillet et 11 août) Un échantillonnage a également été pris dans le ruisseau la première journée d'échantillonnage et la dernière (4^e journée).

Il n'y a pas eu de larves de maringouins *Culex Aedes*, le plus probable pour transmettre le Virus du Nil. Il y a présence de prédateurs de maringouins tel que les dytiques, les larves de moucherons (*Chaoboridae*) et les larves de libellules et de demoiselles. L'eau dans le marais n'est pas stagnante, la végétation est dense et diversifiée. Elle circule lentement

mais ne représente pas un milieu anoxique. Il y a eu prolifération de libellules (demoiselles bleues *Enallagma*), ce qui est excellent pour lutter contre les moustiques. Il y a également beaucoup de petits poissons friands de larves d'insectes et certains peuvent se nourrir de larve de maringouins.

Cette étude a permis d'identifier des larves d'insectes, des invertébrés et petits organismes (impossible d'identifier les espèces avec précision mais la famille a été identifiée) dans les eaux du marais :

Ruisseau : jour 4, menus fretin (poissons), araignée d'eau, Corixidae, larve de trichoptère.

Étang : menu fretin (poissons), acarien d'eau, puce d'eau (Cladocère), patineurs.

Marais en zigzag : ver (*Oligocheata*), escargot (*Gastropoda*), dytique (coléoptère prédateur), larve de diptère (moucheron), larve de trichoptère, acariens d'eau, larve d'éphémères, escargots, larve de libellules, larves de demoiselle, araignée d'eau, patineur, vers plats, larve d'*Halipidae* (coléoptère), éphémères.

5.5 Diffusion de l'information

a) Visites techniques des marais et présentations publiques

Étant donné l'importance de ce projet, des visites techniques ont été effectuées par les différents intervenants. L'Université McGill a réalisé une visite pour des ingénieurs égyptiens en visite au Québec, le 18 septembre 2002. Le MAPAQ a fait visiter les lieux à un groupe d'une quinzaine d'agents agro-environnementaux de l'UPA dans le cadre de deux jours de formation. Le directeur du MAPAQ- Montérégie Est, M. Gérard Boutin, a visité le site en début novembre et a demandé qu'une présentation soit faite à tous les conseillers agronomes du MAPAQ lors de leur rencontre annuelle. Peter Enright et Chantal d'Auteuil ont présenté le projet le 20 novembre 2002 aux 35 conseillers du MAPAQ à Saint-Hyacinthe.

Une première visite pour les administrateurs de la Corporation a été réalisée le 17 octobre 2002 et une seconde, le 15 novembre pour le premier essai de démarrage des marais afin de vérifier le bon fonctionnement de l'entrée d'eau, de la valve de contrôle et des tuyaux d'amenée d'eau dans le premier bassin de sédimentation. Les marais n'ont pas démarré véritablement puisque les senseurs de débits n'étaient pas encore installés.

Une visite a également été effectuée pour les représentants américains du Education and Outreach Committee du Lake Champlain Basin Program (LCBP). La Corporation représente le Comité aviseur des citoyens du Québec au LCBP et est membre du comité d'éducation. Ils sont très intéressés par cette expérience innovatrice puisqu'il s'agit de marais filtrant des eaux de surface et non pas des eaux usées de bâtiments de ferme à débit contrôlé. Dans l'éventualité où les résultats seront positifs, ce projet pourra aider grandement à l'atteinte des objectifs de l'Entente Québec-Vermont de réduction du phosphore pour le bassin versant de la baie Missisquoi.

Étant donné l'importance des travaux sur ce site historique, il a été essentiel de distribuer de l'information aux propriétaires, les trois dames Walbridge âgées de plus de 85 ans, afin d'informer les visiteurs et les nombreux passants qui s'interrogent ! Un document préliminaire avait été produit par Peter Enright pour la visite de terrain organisée lors du Symposium de recherche sur le lac Champlain le 22 mai 2002 et a été donné aux propriétaires, ainsi que le dépliant de la Corporation sur la Protection des rives, des plaines inondables et des milieux humides (anglais et français).

En 2003 et 2004, plusieurs présentations du projet ont été effectuées par l'Université McGill et par le MAPAQ dont voici quelques dates.

31 juillet 2003 : Visite pour le Dura Club par Christina Laflamme
17 août 2003 : Visite de la Fiducie foncière du Mont Pinnacle Peter Enright
24 octobre 2003 : présentation poster au 19 e colloque du CAWQ
21 novembre 2003 : présentation publique pour la CBVBM par Christina Laflamme

8 janvier 2004 : présentation à Bedford
11 mars 2004 : présentation à la Coopérative de solidarité de la rivière aux Brochets
18 mars 2004 : présentation au colloque du Brace Center de l'Université McGill
16 au 18 juin 2004 : présentation et papier scientifique au 57 e AGA du CWRA/ACRH Association canadienne des ressources hydriques.
1 au 4 août 2004 : présentation et papier scientifique à l'AGA de l'ASAE American society of agricultural engineers
3 septembre 2004 : Visite du site pour la Coopérative de solidarité
29 octobre 2004 : présentation au 20^e colloque de CAWQ
11 novembre 2004 : poster de présentation au colloque Sigma Xi (regroupement scientifique nord américain)
15 novembre 2004 : poster de présentation au colloque sur l'eau du Brace Center

b) Articles produits dans les journaux

Le journal Canada Français a produit un article étant donné l'importance de ce projet pour la région. Le journal the Gazette a également produit un article. La mention du projet a été faite dans des articles agricoles (Revue Agrisol, Terre de chez-nous). Un article scientifique a été produit par Christina Laflamme pour la présentation à l'ASAE. On retrouve des exemples et des extraits à l'annexe 6.

Une fois que le projet aura été déposé au MENV et que ce type de marais aura été accepté, des articles promotionnels pourront être réalisés dans les journaux agricoles et environnementaux du Québec et dans les journaux scientifiques.

c) Production d'un poster, d'un panneau sur le site et d'un document synthèse

Un poster de présentation du projet a été produit en français (voir annexe 6) et en anglais par Christina Laflamme de l'Université McGill. Ce poster pourra être installé à l'entrée du site (il est déjà plastifié et sera installé sur un support amovible). Un document résumant le projet en français et en anglais sera remis aux propriétaires pour en faire la distribution aux visiteurs. Les propriétaires reçoivent déjà plusieurs demandes et un document préliminaire leur avait été donné.

d) Production d'une fiche conseil

Dès que le rapport aura été transmis au ministère de l'environnement et que cette méthode de réduction du phosphore à la source (dans les fermes) aura été acceptée, nous produirons une fiche conseil du même type que la série de fiches conseils déjà produites par la CBVBM. Cette fiche conseil sera distribuée à un large public (et en particulier agricole) dans le bassin versant de la baie Missisquoi et dans les autres bassins versants du Québec. Cette fiche sera principalement diffusé par internet et des copies imprimées seront produites selon le financement disponible.

6. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET ENVISAGÉES :

Périodes d'échantillonnage

Étant donné le retard dans le début des travaux de construction des marais (août 2002), les échantillonnages n'ont pas pu se faire pour l'automne 2002. Les plantes ont bien résisté au choc de la transplantation en septembre, mais elles sont entrées dans leur période de dormance.

Les échantillonnages ont débuté seulement en mai 2003 et se sont déroulés jusqu'en novembre 2003, par les bons soins de l'Université McGill (Peter Enright et Christina Laflamme. En 2004, nous avons pu effectuer les échantillonnages sur la même période avec une prolongation du projet jusqu'en novembre 2004 et la participation supplémentaire de l'Université McGill.

Stabilisation des berges

Un financement supplémentaire obtenu afin d'effectuer des travaux de stabilisation des berges des marais et de compléter la végétalisation arbustive. Le projet étant principalement centré sur l'évaluation scientifique des ouvrages, le financement y a été consacré en majeure partie. Mais il est important d'effectuer les travaux de stabilisation des berges dès les travaux des marais afin d'éviter l'envasement et ainsi d'apporter une charge supplémentaire de phosphore ou d'autres contaminants. Malheureusement, les travaux de construction des marais n'ont pas pu s'effectuer au début de l'été 2002 avec une végétalisation immédiate permettant une bonne période de croissance. Il s'est avéré urgent de trouver du financement complémentaire afin d'effectuer des travaux de stabilisation pour arrêter l'érosion dès le début de l'été 2003. Étant donné l'urgence, il a fallu utiliser des plaques de gazon, puisqu'un simple ensemencement ne suffisait pas. Nous avons également effectué une stabilisation à l'aide d'un paillis et d'un recouvrement de jute, ce qui a bien fonctionné en pied de berge pour l'étang et sur les abords de la dernière section du marais sur lit de pierre. Le sol recouvert de déblais après la construction de l'étang ne se prête pas bien à l'ensemencement. Il aurait été préférable d'effectuer un ameublissement du sol avec un rotoculteur puissant et un ajout de compost avant l'ensemencement. Si ce type de marais est implanté à la ferme, il sera facile pour l'agriculteur d'ameublir le sol et de l'amender avec du compost avant d'ensemencer. Il faut cependant éviter d'y ajouter du phosphore et de l'azote.

Communication

Un communiqué de presse annonçant le début du projet a été soumis à M. Nicolas Girard du FAQDD et nous avons attendu son approbation pour une publication dans les hebdomadaires locaux. Il est très important d'informer les citoyens sur les travaux de recherche effectués dans le bassin versant. Une conférence de presse était attendue depuis le 15 septembre 2002 mais n'a malheureusement pas pu s'organiser à temps. La température ne le permettant plus, la conférence de presse a été reportée au printemps 2003, pour un démarrage officiel des marais. Il n'y a pas eu d'ouverture officielle, ni en 2003, ni en 2004. Il y a eu de nombreuses questions sur ce projet qui est demeuré dans l'ombre et qui n'a pas été compris par les citoyens et les agriculteurs, surtout par ceux qui se plaignent qu'il n'y a pas d'actions concrètes effectuées dans le bassin versant, ce qui est bien malheureux. Mais les présentations assez nombreuses ont permis d'expliquer le projet.

7. RAPPORT FINANCIER VENTILÉ

ANNEXE 1

PLAN DU SITE TEL QUE CONSTRUIT ET SCHÉMAS TECHNIQUES

ANNEXE 2

PLAN DES PLANTATIONS

ANNEXE 3

DOCUMENT PHOTOGRAPHIQUE

ANNEXE 4
RAPPORT DE MCGILL

ANNEXE 5

RAPPORT SUR LA BIODIVERSITÉ

ANNEXE 6

DIFFUSION DE L'INFORMATION

Panneau du site

Article dans le Canada Français

Article de Chirstina Laflamme

Exemple de fiche conseil de la CBVBM

ANNEXE 7

CERTIFICAT DU VÉRIFICATEUR

ANNEXE 8

LETTRE DE DÉCLARATION DE L'ORGANISME

ANNEXE 9

LETTRES D'ATTESTATION DE PARTICIPATION