

***Remouillage du secteur sud de la tourbière Grande-Plée-Bleue***  
***Rapport d'activités 2010-2012***



Photo : Gilles Ayotte

Préparé par :

Sandrine Hugron, Josée Landry, Sébastien Raymond et Olivier Marcoux  
Groupe de recherche en écologie des tourbières

Département de phytologie  
Pavillon Paul- Comtois  
Université Laval  
2425, rue de l'Agriculture  
Québec, QC, G1V 0A6

Sous la supervision de Line Rochefort, Sylvain Jutras et François Quinty

Avril 2013



**SNC•LAVALIN**  
**Environment**



Remouillage de la section sud de la tourbière Grande-Plée-Bleue

Rapport d'activités 2010-2012

Présenté au: Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec

Préparé par :

Sandrine Hugron, Josée Landry, Sébastien Raymond et Olivier Marcoux

Groupe de recherche en écologie des tourbières

Département de phytologie  
Pavillon Paul-Comtois  
Université Laval  
2425, rue de l'Agriculture  
Québec, QC, G1V 0A6

Sous la supervision de Line Rochefort, Sylvain Jutras et François Quinty

Avril 2013



## SOMMAIRE EXÉCUTIF

Préalablement à la création de la réserve écologique de la Grande-Plée-Bleue, le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) a proposé de restaurer les conditions hydrologiques de la tourbière qui étaient affectées par la présence de deux canaux de drainage. La planification des travaux a débuté en 2009 et le blocage du canal Beauharnois a été réalisé en 2010. La construction de six barrages sur le Grand canal a eu lieu en novembre 2011. Un suivi scientifique de l'hydrologie, de la végétation et chimie de l'eau a été réalisé avant (2010-2011) et après (2012) le remouillage.

Très peu de travaux de recherche se sont intéressés aux impacts hydrologiques liés au blocage d'un canal de drainage. Dans un souci de restauration des conditions hydrologiques favorables au maintien de la végétation typique de la tourbière Grande-Plée-Bleue et d'en mesurer les effets, deux canaux situés dans le secteur sud de la tourbière ont d'abord été caractérisés. Plusieurs types de barrages ont été conçus et installés de manière à obtenir une dénivellation constante entre chacun d'eux. Un suivi précis de la hauteur de la nappe phréatique a été effectué afin de caractériser les conditions hydrologiques du site avant et après la remise en eau par les barrages. Les débits n'ont pas été mesurés, car il n'y avait plus d'écoulement suite à la construction de ces barrages.

Ce suivi a été réalisé le long de cinq transects perpendiculaires au Grand canal de juin 2011 à octobre 2012. Sur chacun de ces transects, six puits situés à 5, 10, 25, 50, 100 et 150 m par rapport au centre du canal ont été instrumentés à l'aide d'appareils mesurant le niveau d'eau tous les 15 minutes. Une valeur moyenne de hauteur d'eau sur six heures a ensuite été calculée.

Les résultats liés aux traitements des données nous amènent à plusieurs conclusions : i) la construction des barrages a permis une remontée de la nappe phréatique sur des distances latérales variant entre 5 et 10 m par rapport au canal, ii) la construction des barrages n'a pas eu d'effet mesurable à une distance latérale du canal plus grande que 25 m, principalement parce que la nappe n'y était tout simplement pas affectée par la présence du canal, même avant la construction des barrages, iii) la présence d'arbres à proximité du canal a démontré, en 2011, un effet sur le rabattement de la nappe estimé à 44, 15 et 11 cm, pour des puits situés à 5, 10 et 25 m du canal, respectivement. Ainsi, la décision de faire abattre tous les arbres de forte dimension se trouvant le long du canal en mai 2012 pourrait avoir contribué à la restauration hydrologique du site.

En ce qui concerne l'évolution de la végétation sur le site, le suivi de la végétation réalisé avant le remouillage (2010) sur trois transects a montré que l'abaissement de la nappe aux abords des canaux a fortement favorisé la croissance des arbres et défavorisé celle de la sphaigne. Les inventaires réalisés sur les trois mêmes transects après le remouillage (en mai 2012) ont montré peu de changements puisque ce dernier a été réalisé seulement quelques mois après le remouillage et avant la coupe des arbres. Par ailleurs, le suivi de la chimie de l'eau a montré que cette dernière est demeurée stable, peu importe la distance par rapport aux canaux de drainage et si le relevé était réalisé avant ou après le remouillage.



# TABLE DES MATIÈRES

1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET .....	1
2. ANALYSE DES MÉTHODES EXISTANTES DE REMOILLAGE ET PRÉPARATION D'UN DOCUMENT SYNTHÈSE (Objectif 1).....	4
3. RESTAURATION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES (Objectif 2).....	5
Chronologie des travaux.....	5
Année 2009.....	5
Année 2010.....	5
Année 2011.....	7
Année 2012.....	10
Résultats .....	12
Caractérisation des canaux .....	12
Recommandations .....	13
Suivi hydrologique .....	15
Suivi de la chimie de l'eau .....	23
4. SUIVI ÉCOLOGIQUE POUR ÉVALUER LE SUCCÈS DES TRAVAUX (Objectif 3).....	25
Végétation .....	25
Dispositif expérimental .....	25
Suivi de la végétation .....	26
5. RÉDACTION D'UN DOCUMENT DE PRÉSENTATION ÉDUCATIF SUR LES TRAVAUX DE REMISE EN EAU DE LA TOURBIÈRE (Objectif 4) .....	29
6. CONCLUSION.....	31

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des deux canaux de drainage. ....	2
Figure 2 : Page couverture du document synthèse. ....	4
Figure 3 : Carte de l'emplacement des barrages construits à l'automne 2010 sur le canal Beauharnois. ....	6
Figure 4 : Carte de l'emplacement des barrages construit à l'automne 2011 sur le Grand Canal. ....	7
Figure 5 : Carte de l'emplacement des transects de puits sur le Grand Canal. ....	8
Figure 6 : Transport par hélicoptère des palissades. ....	9
Figure 7 : Installation d'une palissade à l'aide d'excavatrices. ....	9
Figure 8 : Photographies aériennes du site avant et après la construction des barrages et de la coupe des arbres. ....	10
Figure 9 : Exemple de transplantation de linaigrette et d'éricacées effectuée le long du canal Beauharnois, sur ce qui était auparavant une route de gravier. ....	11
Figure 10 : Fibre géotextile de fibre de coco pour contrer l'érosion aux abords du barrage G3. ....	11
Figure 11 : Profil topographique du canal Beauharnois, l'exutoire étant à gauche. ....	12
Figure 12 : Profil topographique du Grand Canal, l'exutoire étant à gauche sur l'image. La courbe représente la surface de la tourbière. ....	12
Figure 13 : Barrage 3 et 5 au début de la fonte des neiges en 2012. ....	15
Figure 14 : Pluviométrie et profondeur de la nappe sur le transect 120N pour toutes les distances par rapport au Grand Canal, de juin 2011 à octobre 2012. ....	17
Figure 15 : Profondeur annuelle moyenne de la nappe phréatique sur le transect 120N. ....	18
Figure 16 : Pluviométrie et profondeur de la nappe sur le transect 530N pour toutes les distances par rapport au Grand Canal, de juin 2011 à octobre 2012. ....	18
Figure 17 : Profondeur annuelle moyenne de la nappe phréatique sur le transect 530N. ....	19
Figure 18 : Comparaison, pour deux transects, des profondeurs de la nappe à 5, 10, 25 et 50 m du canal en fonction de la profondeur de la nappe à 100 m du canal. ....	20
Figure 19 : Comparaison, pour deux transects, des profondeurs annuelles moyennes de la nappe en 2011 en fonction de la distance au canal. ....	21
Figure 20 : Disposition des transects perpendiculairement aux canaux pour le suivi écologique de la végétation. ....	25
Figure 21 : Schéma de la disposition des quadrats pour le suivi de la végétation. ....	26
Figure 22 : Pourcentage de recouvrement de la sphaigne et du total de recouvrement muscinal lors du suivi pré-remouillage en 2010 et post-remouillage en 2012. ....	27
Figure 23 : Pourcentage de recouvrement des arbres en fonction de la distance par rapport aux canaux de drainage avant (2010) et après (2012) le remouillage. ....	28

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des temps de construction et des matériaux utilisés pour différents types de barrages. ....	14
Tableau 2 : Profondeur moyenne (cm) de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol pour les périodes de mai à novembre. ....	16
Tableau 3. Résultats des analyses chimiques du 11 août 2010 et du 17 mai 2012. ....	24

# 1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET

Le projet de création de la réserve écologique de la Grande-Plée-Bleue s'intéresse à une portion du territoire de la Ville de Lévis, dans la région administrative de Chaudière-Appalaches. Ce projet vise à protéger la majeure partie (61 % ou environ 900 hectares) de la tourbière ombrotrophe de la Grande-Plée-Bleue qui couvre, quant à elle, une superficie de près de 1 500 hectares. Ce milieu humide constitue l'une des dernières tourbières ombrotrophes de grande taille non exploitée des basses terres du Saint-Laurent. Elle représente 23 % des superficies tourbeuses (3 884 ha) du territoire de la Ville de Lévis ainsi qu'environ 4 % des superficies tourbeuses (24 524 ha) de la région de Chaudière-Appalaches. Cette tourbière comporte une grande diversité d'habitats tourbeux ceinturés de forêts sur sol minéral. La présence d'un grand nombre de mares au sein de la tourbière favorise aussi la diversité des insectes, notamment des libellules, dont plusieurs espèces n'ont pas été observées dans les autres tourbières du Bas-Saint-Laurent.

Dans le cadre du projet de création de la réserve écologique de la Grande-Plée-Bleue, une évaluation sommaire des impacts anthropiques sur l'écosystème a révélé la présence d'importants canaux de drainage qui, à ce jour, drainent encore la tourbière. Les principaux impacts de ces canaux sont l'assèchement progressif de la tourbière et la croissance inhabituelle d'arbres sur le site (Pellerin et Lavoie 2003). Le drainage entraîne également des modifications dans les strates inférieures de végétation et les couches supérieures du dépôt de tourbe. Les tourbières sont les écosystèmes de la planète les plus efficaces pour séquestrer du carbone à long terme par unité de surface ( $25$  à  $75 \text{ g m}^{-2} \text{ an}^{-1}$  et cela à l'échelle de temps du millénaire). Cette propriété provient des conditions anaérobies inhérentes aux tourbières, comme celles de la Grande-Plée-Bleue, qui freinent la décomposition des débris de végétaux permettant ainsi leur accumulation et la formation de dépôts de tourbe, ainsi que le stockage de carbone pour de très longues périodes. Une fois les tourbières drainées et asséchées, la décomposition accélérée convertit ces puits de matière organique en émetteurs de gaz carbonique.

Afin de tenter de restaurer l'intégrité écologique de l'écosystème, le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) a proposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) d'amorcer un processus de réhabilitation du site par **la restauration des conditions hydrologiques favorables à la croissance et la survie d'un tapis de mousses, en bloquant deux canaux de drainage situés dans le secteur sud de la Grande-Plée-Bleue** (Figure 1).

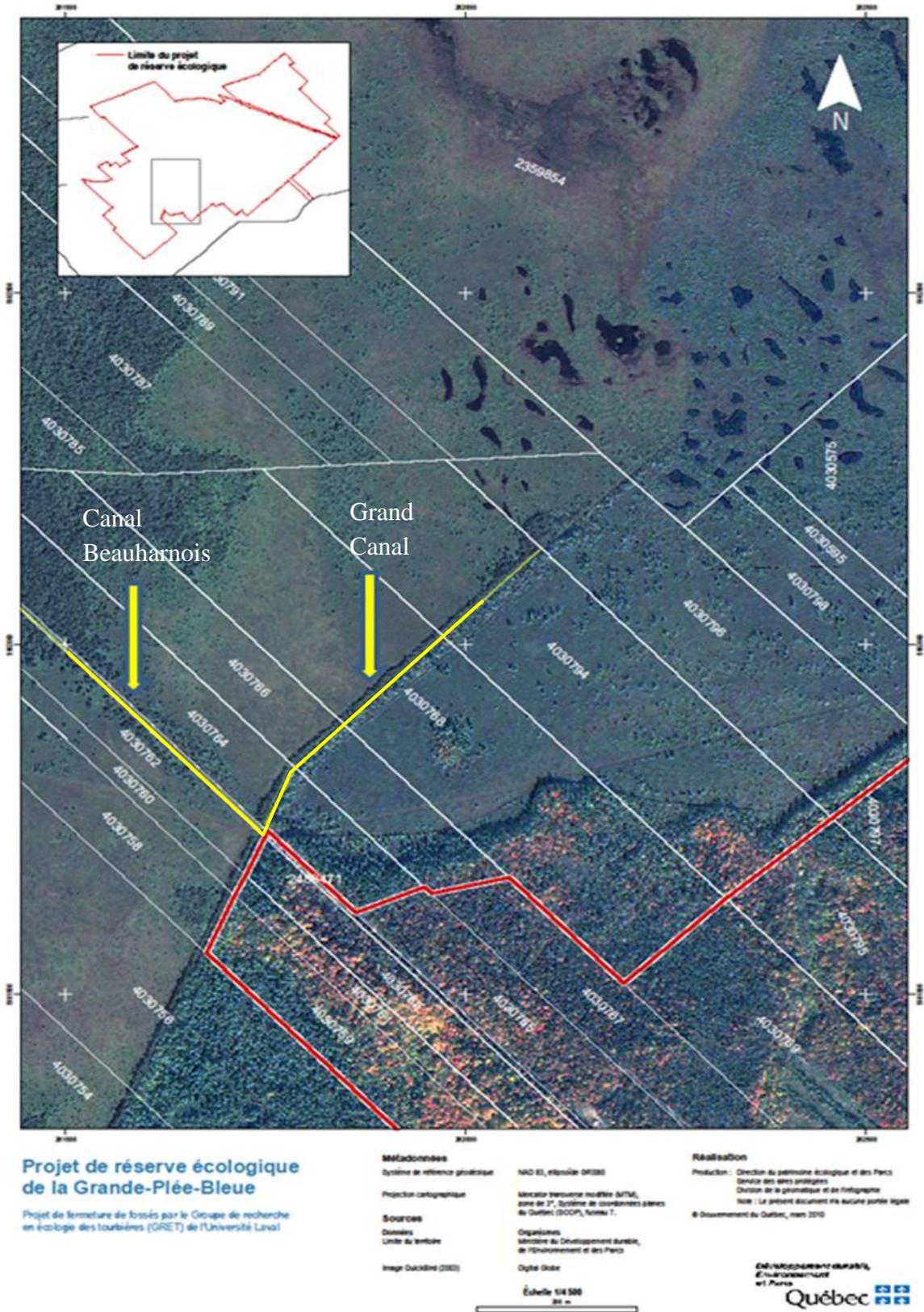


Figure 1 : Localisation des deux canaux de drainage (en jaune).

Ce projet, entamé au printemps 2010, comporte quatre objectifs spécifiques :

- 1) Analyse des méthodes existantes de remouillage et préparation d'un document synthèse;
- 2) Restauration des conditions hydrologiques;
- 3) Suivi écologique pour évaluer le succès des travaux;
- 4) Rédaction d'un document éducatif de présentation sur les travaux de remise en eau de la tourbière.

Les personnes impliquées dans le projet et ayant participé aux activités de recherches sont :

**Line Rochefort** (professeure titulaire, Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières) : Supervision du projet, planification et supervision sur le terrain.

**François Quinty** (géographe, SNC-Lavalin inc., Division Environnement) : Supervision des travaux de construction des barrages du canal Beauharnois et élaboration du dépliant éducatif sur les travaux de remise en eau de la tourbière.

**Josée Landry** (professionnelle de recherche avec Line Rochefort) : Responsable du suivi écologique pré-remouillage, de l'écriture du premier rapport d'activités et de la revue de littérature portant sur le remouillage.

**Sandrine Hugron** (professionnelle de recherche avec Line Rochefort) : Responsable du suivi écologique après remouillage à partir de 2012 et de la rédaction du rapport final d'activités.

**Olivier Marcoux** (étudiant à la maîtrise sous la supervision de Line Rochefort et de Sylvain Jutras) : Responsable de l'achat des matériaux et de la surveillance de terrain lors de la construction des barrages. Son projet de maîtrise vise à évaluer les effets du remouillage par la construction de barrages sur la tourbière de la Grande-Plée-Bleue.

**Sylvain Jutras** (professeur adjoint, Département des sciences du bois et de la forêt) : Codirecteur d'Olivier Marcoux dans son projet de maîtrise. Il a également apporté son soutien pour les travaux de construction de barrages. Il supervise l'analyse des données hydrologiques.

**Claire Boismenu** (professionnelle de recherche avec Line Rochefort) : Responsable de la révision linguistique et de l'administration du projet.

**Marie-Claire LeBlanc** (professionnelle de recherche avec Line Rochefort) : Assistance sur le terrain pour le suivi écologique pré-remouillage et pour la végétalisation des barrages.

**Sébastien Raymond** (stagiaire postdoctoral sous la supervision de Sylvain Jutras) : Responsable de l'analyse des données hydrologiques avant et après remouillage de la tourbière. Il sera l'auteur principal d'un article scientifique portant sur le projet.

## 2. ANALYSE DES MÉTHODES EXISTANTES DE REMOILLAGE ET PRÉPARATION D'UN DOCUMENT SYNTHÈSE (Objectif 1)



Figure 2 : Page couverture du document synthèse.

Un document synthèse sur le remouillage a été produit en 2011 (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Le but de cette synthèse est de fournir un outil permettant une meilleure compréhension des impacts du drainage et du remouillage des tourbières. Il offre également un recueil des différentes options de blocage des canaux de drainage pour les intervenants dans le milieu des tourbières. Cette revue de littérature, totalisant 52 pages, synthétise des renseignements recueillis dans plus de 150 documents (articles scientifiques, livres et guides). La référence du document est la suivante :

Landry, J. et L. Rochefort. 2011. Le drainage des tourbières : impacts et techniques de remouillage, Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec. 53 p.

La version .pdf du document peut être téléchargée à partir du site Internet du GRET (<http://www.gret-perg.ulaval.ca>) où une version anglaise est également disponible.

### **3. RESTAURATION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES (Objectif 2)**

On connaît généralement très bien les effets hydrologiques que provoque le drainage des tourbières, mais très peu de travaux de recherche se sont penchés sur la situation inverse, soit de mesurer l'effet hydrologique du blocage de fossés de drainage. Afin de restaurer les conditions hydrologiques favorables au maintien de la végétation typique de la tourbière Grande-Plée-Bleue et d'en mesurer les effets, nous avons d'abord caractérisé topographiquement les deux canaux situés dans le secteur sud de la tourbière. Nous avons ensuite conçu, installé et documenté plusieurs types de barrages. Nous avons finalement effectué un suivi précis de la nappe phréatique afin de caractériser les conditions hydrologiques du site avant et après la remise en eau.

#### ***Chronologie des travaux***

##### **Année 2009**

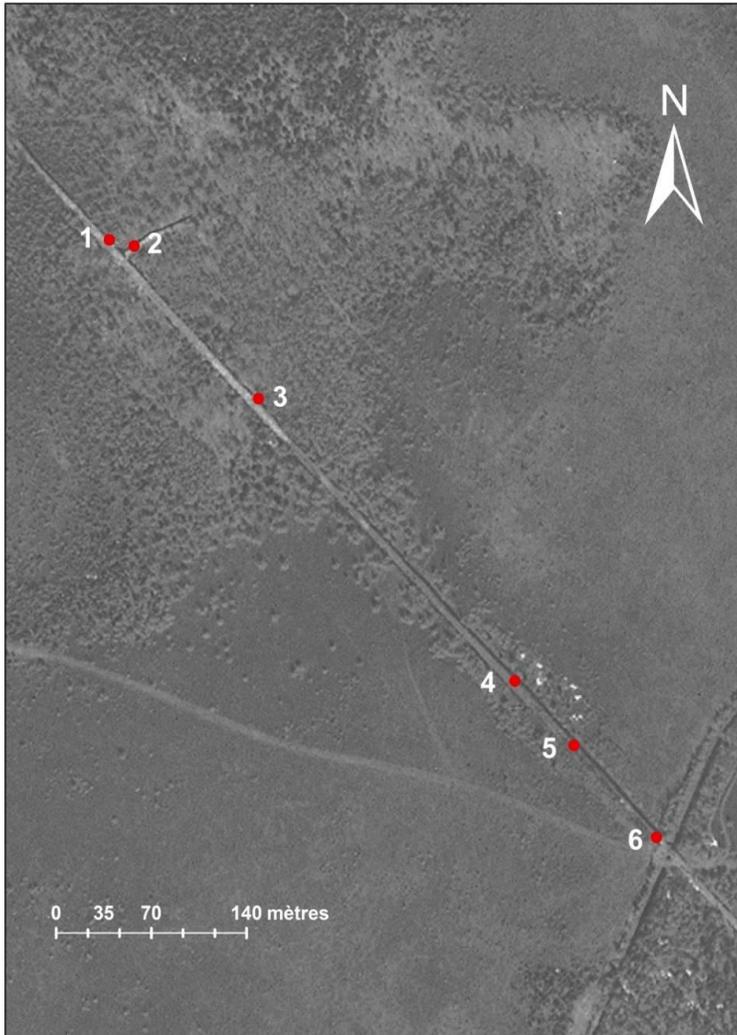
En 2009, la firme SNC-Lavalin inc., Division Environnement (SLE), a préparé un devis estimatif pour le blocage des canaux de drainage pour le compte du MDDEP. Ce devis comportait une description sommaire du secteur, grâce notamment à un relevé topographique approximatif réalisé à cet effet. Le devis proposait une méthode de blocage propre à chaque canal en raison de leur différence de taille. Les méthodes de blocage avaient été élaborées à la suite de consultations auprès de Line Rochefort, de François Quinty et d'un entrepreneur expérimenté dans ce genre de travaux. En résumé, le devis proposait trois blocages pour le canal Beauharnois et six blocages pour le plus Grand Canal afin de hausser le niveau de la nappe phréatique à environ 40 cm sous la surface actuelle de la tourbière de part et d'autre des canaux.

La mise en œuvre de ce devis, soit de bloquer les deux canaux de drainage du secteur sud pour amorcer la restauration des conditions hydrologiques, s'est étalée sur deux ans. Cette façon de procéder a permis de mettre à l'épreuve les méthodes proposées dans le devis et d'essayer d'autres approches identifiées lors de la revue de littérature (document synthèse).

##### **Année 2010**

La première étape des travaux, réalisée à l'été 2010, consistait à abattre et disposer des arbres feuillus atypiques des tourbières à sphaignes qui avaient profité des conditions plus sèches et plus riches créées par les déblais des canaux pour s'implanter de part et d'autre de ceux-ci. En effet, la tourbière de la Grande-Plée-Bleue n'est pas une tourbière forestière et la présence d'arbres au-delà des canaux de drainage est faible. Dans les zones de construction des barrages, les arbres ont également été coupés pour permettre un travail efficace de la machinerie. Une partie des arbres a été léguée aux voisins en guise de dédommagement pour les inconvénients reliés aux travaux. Pour le reste, les plus gros arbres ont servi dans la stabilisation des barrages et les plus petits ont été utilisés pour faire un chemin capable

de supporter les passages répétés de la machinerie sur la tourbière. Ces petits arbres étaient surtout des bouleaux, qui se décomposent rapidement, de sorte que le chemin disparaîtra rapidement sous la tourbe.



**Figure 3 : Carte de l'emplacement des barrages (B1 à B6) construits à l'automne 2010 sur le canal Beauharnois.**

Le canal Beauharnois présente un dénivelé total de moins de 1 m sur une longueur d'environ 400 m, sa largeur maximale est de 2 m, et sa profondeur de près de 1 m. La construction de six barrages de petites dimensions (< 4 m de largeur par 1,5 m de hauteur) sur ce canal a été effectuée durant le mois de novembre 2010. L'emplacement des six barrages construits est présenté à la Figure 3. Pour la plupart des barrages, deux pentes douces de tourbe ont été formées en amont et en aval des palissades. Ces pentes douces contribuent à la solidité des barrages et à fournir un support stable, peu enclin à l'érosion par l'eau, permettant la végétalisation des barrages. Des barrages temporaires ont été mis en place durant la construction, de façon à retenir l'eau du canal en amont et en aval de la zone de travail pour faciliter le positionnement des barrages dans les tranchées. Le matériel provenant de l'excavation des tranchées de chaque barrage a été utilisé à cette fin.

Pour combler les besoins de substrat et de matériel végétal devant former les barrages, de la tourbe a été prélevée à proximité, ce qui a eu pour effet de créer des mares. Ces mares ont été creusées soit en amont des barrages ou par l'agrandissement de mares préexistantes. Afin de limiter l'érosion des barrages par l'eau, un matériel de géotextile Teck-700 a été utilisé afin de créer des poches de rétention de tourbe. Ces poches servent à limiter le lessivage de la tourbe qui forme la structure des barrages en réduisant la vitesse de l'eau qui circule autour de ces derniers. Les essences utilisées pour la construction des barrages sont le mélèze et l'épinette. Le mélèze, reconnu pour sa résistance à la décomposition, a été favorisé. Cependant, étant donné le faible coût et la plus grande disponibilité de l'épinette par rapport au mélèze, cette essence a aussi été utilisée. Lors de la construction des barrages, une scie à chaîne a été employée pour la coupe des matériaux. Un tableau

récapitulatif des barrages avec les matériaux et les temps de construction est présenté à la fin de cette section (Tableau 1). La description détaillée de chacun des types de barrage est présentée à l'Annexe 1.

### Année 2011

Un arpentage complet du Grand Canal a été réalisé au début de l'été 2011 par Olivier Marcoux (étudiant à la maîtrise), ce qui a permis de définir le positionnement optimal des barrages, c'est-à-dire les endroits qui permettaient de diviser la pente naturelle du canal en six paliers de dénivellation égale, soit de 40 cm (Figure 4). En effet, plutôt que d'opter pour une distance linéaire fixe entre les barrages, il a été déterminé qu'il serait plus adéquat de positionner les barrages de façon à maintenir une dénivellation constante entre chacun d'eux.

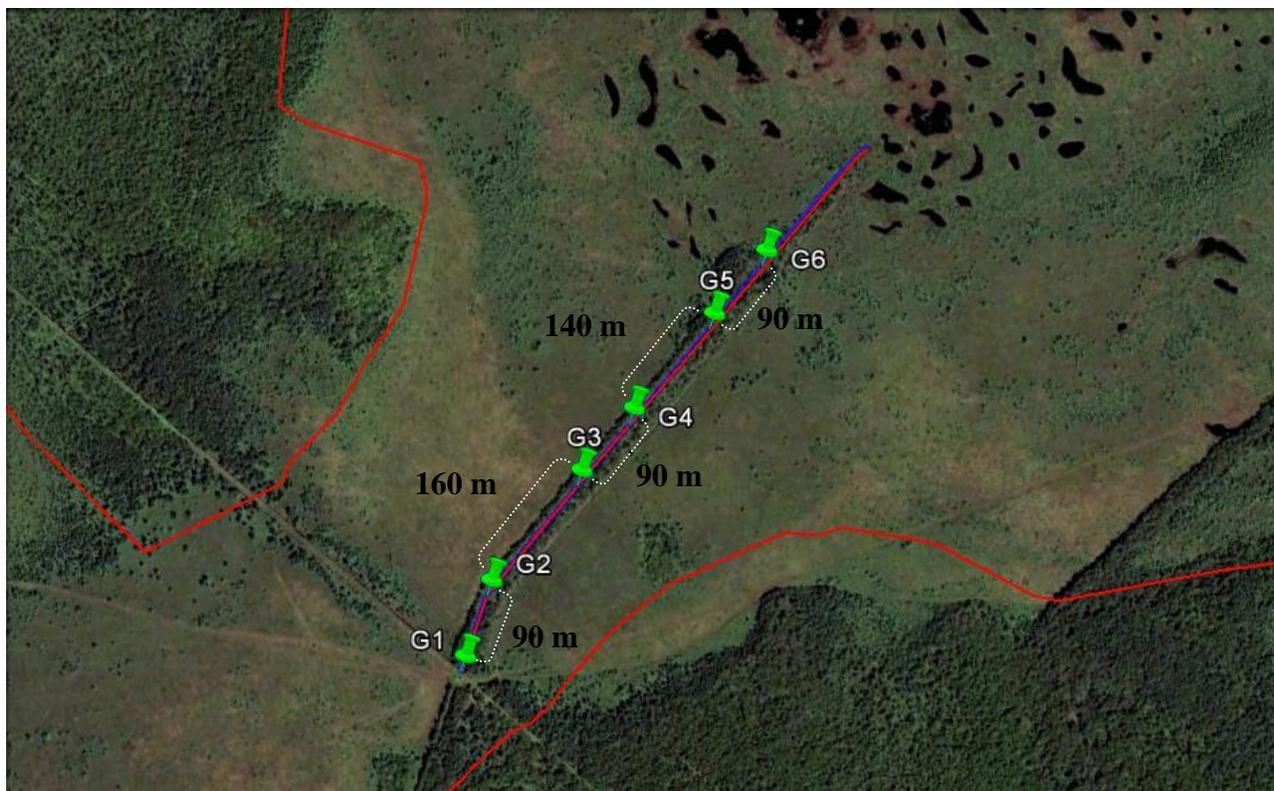


Figure 4 : Carte de l'emplacement des barrages (G1 à G6) construit à l'automne 2011 sur le Grand Canal.

Après le choix de l'emplacement des barrages, des puits d'observation et de mesure de la nappe phréatique ont été installés le long de cinq transects perpendiculaires aux fossés. Chacun de ces transects regroupait six puits situés à 5, 10, 25, 50, 100 et 150 m par rapport au centre du canal (Figure 5), pour un total de 30 puits pour le site. Tous les puits ont été équipés d'appareils mesurant le niveau d'eau toutes les 15 minutes.



**Figure 5 : Carte de l'emplacement des transects de puits sur le Grand Canal.**

Les barrages ont été préconstruits à proximité de la tourbière durant l'été par Olivier Marcoux et un auxiliaire de recherche. Deux concepts de structure de bois servant de squelette aux barrages ont été retenus afin d'être évalués : 1) caissons avec palissade simple et 2) palissade double avec travers de 4x4. Certains barrages ont été construits en deux parties distinctes en raison du poids important de la structure et des limitations au chapitre du transport.

La mise en place des barrages a eu lieu à l'automne sous la supervision d'Olivier Marcoux et de Sylvain Jutras. Un hélicoptère a été utilisé afin de transporter les structures du lieu de construction à la tourbière (Figure 6). Deux pelles mécaniques de faible gabarit circulant sur un lit de branches ont procédé à la mise en terre des barrages et à leur assemblage, le cas échéant (Figure 7). Une revégétalisation sommaire des barrages a été effectuée par transfert mécanisé de mottes de végétation. Une vidéo montrant les différentes étapes de la construction du barrage G2 est disponible sur le site suivant : [http://www.youtube.com/watch?v=0Q2vp4Dq\\_xA](http://www.youtube.com/watch?v=0Q2vp4Dq_xA). Un tableau récapitulatif des barrages avec les matériaux et les temps de construction est présenté à la fin de cette section (Tableau 1). La description détaillée de chacun des types de barrage est présentée à l'Annexe 1.



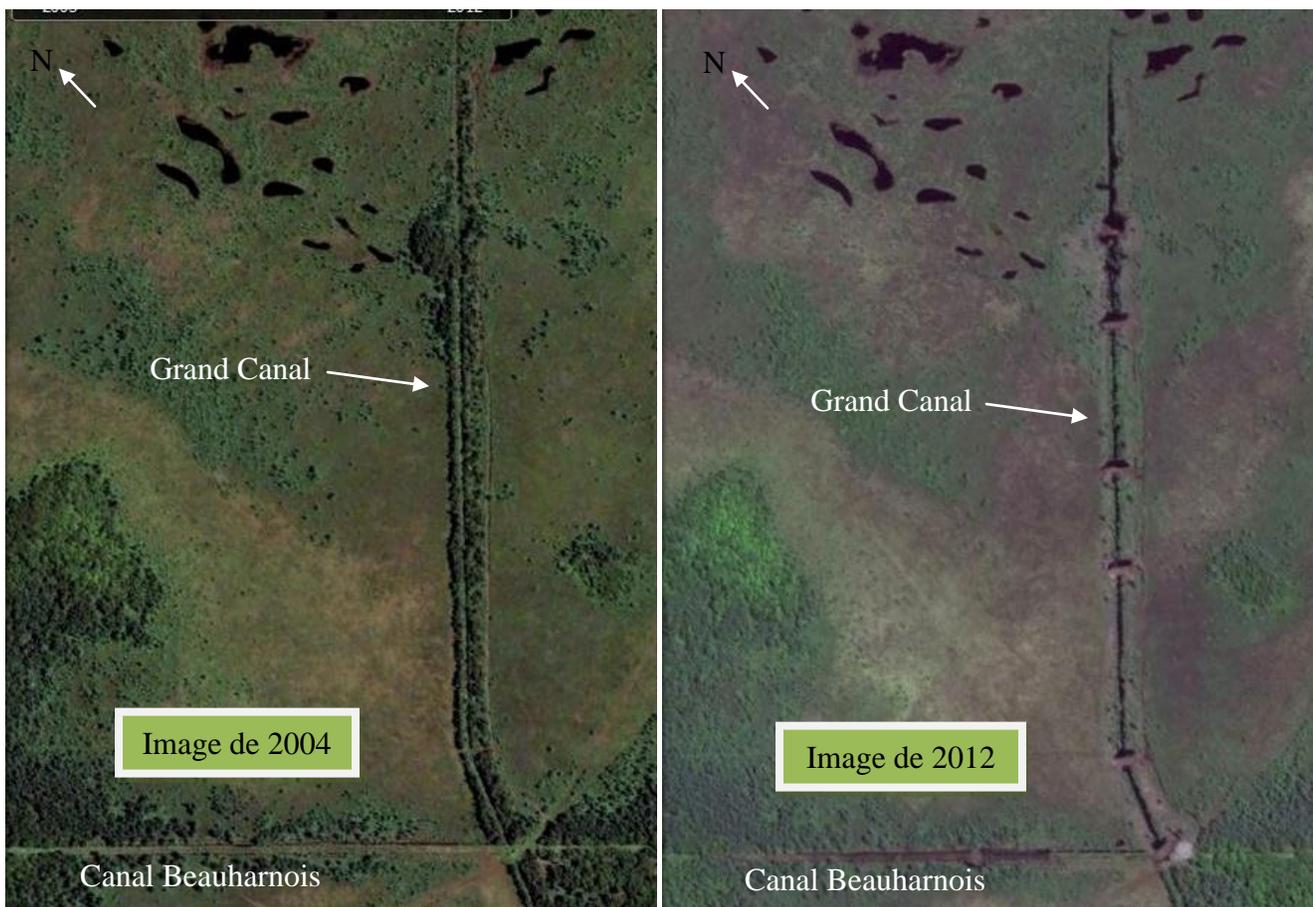
**Figure 6 : Transport des palissades par hélicoptère.**



**Figure 7 : Installation d'une palissade à l'aide d'excavatrices.**

## Année 2012

Afin de réduire l'évapotranspiration causée par la présence d'arbres aux abords du Grand Canal, il a été décidé de couper tous les arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) était supérieur à 10 cm (Figure 8). À la demande du MDDEP, une trentaine d'arbres matures ont été laissés debout, mais ils ont été annelés (coupe superficielle tout autour de l'arbre afin de stopper la circulation de la sève, mais sans abattage) afin de laisser quelques chicots sur le site qui pourront servir d'habitat pour la faune. Aucun décompte du nombre d'arbres abattus n'a été effectué. L'abattage des arbres a été réalisé au mois de mai et les troncs ont été coupés en sections de quatre pieds afin de faciliter le transport du bois hors du site durant l'hiver, si cette mesure s'avère nécessaire. Le suivi de la hauteur de la nappe phréatique a été mené dans les 30 puits pendant toute la saison 2012.



**Figure 8 : Photographies aériennes du site avant et après la construction des barrages et de la coupe des arbres (source : Google Earth).**

Par ailleurs, des transplantations de linaigrettes et d'éricacées ont été réalisées au mois de mai dans les zones dénudées près des barrages et le long du canal Beauharnois (Figure 9). Dans les zones où l'érosion semblait plus intense, un géotextile de fibre de coco a été installé en plus des plantations (Figure 10). Plusieurs centaines de transplants ont été effectués. Les plants ont été prélevés dans des secteurs

perturbés de la tourbière (sentier de VTT, par exemple). Cette opération n'a pas eu d'impact visuel sur les secteurs de prélèvement.



**Figure 9 : Exemple de transplantation de linaigrette et d'éricacées effectuée le long du canal Beauharnois, sur ce qui était auparavant une route de gravier. Photo prise en juin 2012.**



**Figure 10 : Fibre géotextile de fibre de coco pour contrer l'érosion aux abords du barrage G3.**

Le récapitulatif des coûts et des dépenses reliés à l'embauche d'étudiants et aux différentes étapes du projet est présenté à l'Annexe 2.

## Résultats

### Caractérisation des canaux

La surface de la tourbe (identifiée comme « talus » sur la Figure 11) le long du canal Beauharnois était pratiquement plane, tandis que l'élévation du fond du canal variait de 70 cm sur une distance de 450 m (Figure 11). En raison de la faible largeur de ce canal (< 3 m) et de sa profondeur ne dépassant pas 1,5 m, les premiers essais de construction de barrage y ont eu lieu en 2011. Le Grand Canal comportait toutefois une pente plus importante, avec une variation de l'élévation de la surface du sol de près de 2 m sur 530 m (Figure 12). Les dimensions du canal sont aussi plus importantes, avec une largeur moyenne de près de 8 m et une profondeur dépassant souvent 2 m. L'envergure des barrages du Grand Canal a nécessité plus de réflexion et de préparation, ce qui explique leur implantation en 2012 seulement.

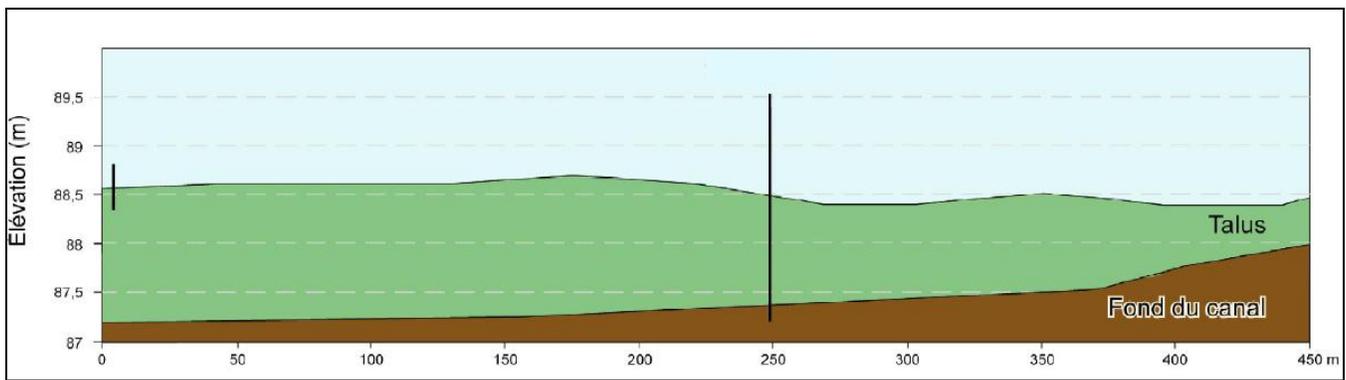


Figure 11 : Profil topographique du canal Beauharnois, l'exutoire étant à gauche (produit par SNC-Lavalin).

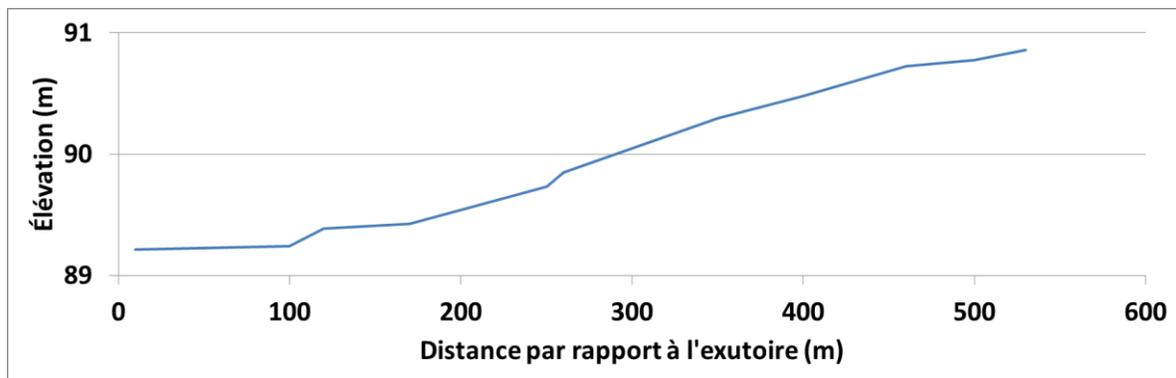


Figure 12 : Profil topographique du Grand Canal, l'exutoire étant à gauche sur l'image. La courbe représente la surface de la tourbière.

## **Recommandations**

Le tableau récapitulatif suivant (Tableau 1) présente les huit différents types de barrage qui ont été testés dans le cadre de ce projet. Le temps requis pour la construction de chaque barrage a été estimé ainsi que le coût approximatif des matériaux. Il est à noter que le temps de surveillance de chantier ainsi que les coûts des matériaux et du transport n'ont pas été inclus dans ce tableau, car ils peuvent grandement varier en fonction des contraintes associées à un contexte en particulier.

Pour les petits barrages, les travaux se sont déroulés sans problème et assez rapidement. La clé du succès pour l'implantation des gros barrages a été de se baser sur le transport des structures par hélicoptère, une dépense qui s'est avérée somme toute très raisonnable (4 256 \$ au total, Annexe 2). Sans cette option, il aurait été impossible de déplacer tout le bois à proximité du canal sans fortement endommager la fragile surface de la tourbière. Toutefois, il a été difficile de convaincre des entrepreneurs de venir réaliser les travaux sur ce sol mou à l'aide d'excavatrice, mais une fois les travaux entamés, ils n'ont éprouvé aucun problème d'enlèvement. L'utilisation ponctuelle de lits de troncs d'arbres a permis une meilleure stabilisation dans certaines situations plus critiques. L'utilisation d'excavatrices de petit gabarit et la réalisation des travaux en période d'étiage ont aussi été des facteurs de succès.

**Tableau 1 : Récapitulatif des temps de construction et des matériaux utilisés pour différents types de barrages.**

Type de barrage	Temps excavatrice	Temps main-d'œuvre	Coût matériaux	Remarques
Barrage de tourbe	2 h	-	-	À utiliser lorsque le canal est étroit (< 2 m), peu profond (< 1 m) et que la hauteur d'eau à retenir est très faible (< 20 cm). Doit être plus haut que la surface de tourbière (20-30 cm) avec un bras d'extension du côté le plus bas, permettant la dispersion de l'eau en période de crues et évitant l'érosion.
Barrage de tourbe avec géotextile	3 h	-	60 \$	À utiliser lorsque le canal est étroit (< 2 m), peu profond (< 1 m) et que la hauteur d'eau à retenir est très faible (< 20 cm). Le géotextile vise à éviter les risques d'érosion.
Palissade fait de madriers de 4x4 assemblés à l'horizontale	4 h	7 h	240 \$	À privilégier lorsque le canal est moyennement large (2 à 3 m), moyennement profond (< 1,5 m) et que la hauteur d'eau à retenir est faible (< 40 cm).
Palissade de planches emboutetées assemblées à l'horizontale	4 h	4 h	375 \$	À privilégier lorsque le canal est moyennement large (2 à 3 m), profond (< 2 m) et que la hauteur d'eau à retenir est faible (< 40 cm). L'assemblage de la palissade au sec rend son installation simple et efficace.
Palissade de planches emboutetées insérées à la verticale	4 h	4 h	375 \$	À utiliser lorsque le canal est moyennement large (2 à 3 m), profond (< 2 m) et que la hauteur d'eau à retenir est faible (< 40 cm). L'insertion des planches dans la tourbe est complexe et difficile à réussir. À utiliser sur tourbe bien décomposée (type fen) ne comportant pas de débris ligneux.
Palissade double de planches emboutetées assemblées à l'horizontale avec comblement (6'×16')	11 h	22 h	450 \$	À privilégier lorsque le canal est assez large (3 à 4 m) et profond (< 2 m) et que la hauteur d'eau à retenir est grande (< 1 m). Structure beaucoup plus solide que les palissades simples et qui permettra de retenir une grande quantité d'eau.
Grande palissade simple avec caisson à comblement	8 h	16 h	800 \$	À privilégier lorsque le canal est très large (6 à 10 m) et très profond (2 à 3 m) et que la différence de hauteur d'eau est faible à grande (< 1 m).
Grande palissade double avec comblement (8'×32')	8 h	16 h	1000 \$	À privilégier lorsque le canal est très large (6 à 10 m) et très profond (2 à 3 m) et que la différence de hauteur d'eau est très grande (1 à 3 m).

## Suivi hydrologique

D'un point de vue hydrologique, une tourbière ombrotrophe telle la Grande-Plée-Bleue devrait réagir comme une éponge. En période estivale, la nappe phréatique devrait y être basse (à une profondeur de 30 à 40 cm) et, si une pluie survenait, l'eau s'y emmagasinerait, ce qui ferait remonter la nappe. En période humide (début du printemps et fin de l'automne), la nappe devrait y être haute et toute pluie supplémentaire provoquerait un déplacement rapide de l'eau dans la mince couche de sol située au-dessus de la nappe phréatique, vers les bordures de la tourbière. Sans canalisation artificielle, l'eau d'une tourbière ombrotrophe doit donc inévitablement parcourir de très grandes distances dans le sol avant de rejoindre le réseau hydrographique avoisinant. Ainsi, le Grand Canal qui pénètre vers le centre de la Grande-Plée-Bleue affecte l'hydrologie de la tourbière puisqu'il permet un écoulement préférentiel de l'eau vers le réseau hydrographique. En été, peu d'eau s'y échappera, mais au début du printemps, lors de la période de fonte, c'est un grand volume d'eau qui pourrait s'y échapper. Cette eau qui n'est pas emmagasinée dans le sol de la tourbière devrait avoir un effet de rabattement de la nappe phréatique qui serait très marqué à proximité du canal et qui devrait disparaître en s'éloignant.

### Évaluation de l'écoulement

Lors de la caractérisation des conditions hydrologiques initiales, nous avons jugé inutile de tenter d'estimer le volume d'eau perdu par le drainage, puisque l'instrumentation nécessaire pour permettre la mesure des débits à l'exutoire du Grand Canal aurait été techniquement complexe, coûteuse et imprécise. L'écoulement d'eau y était visiblement faible en été, mais il est évident que le volume d'eau annuel est important. À cet effet, les observations faites à la suite des travaux montrent que le barrage situé à l'exutoire du Grand Canal retient toute l'eau qui s'écoulait auparavant, même lors de la fonte printanière (Figure 13). Des caméras de surveillance nous ont permis de confirmer cette réussite. Ainsi, les barrages ont arrêté l'exportation préférentielle de l'eau hors du site causée par le canal.



Figure 13 : Barrage 3 (à gauche) et 5 (à droite) au début de la fonte des neiges en 2012.

## Évaluation de l'eau emmagasinée dans le sol

La caractérisation des changements de conditions hydrologiques du site a donc été étudiée principalement par l'observation de la nappe phréatique le long du Grand Canal. La situation initiale a été évaluée en 2011, soit avant la construction des barrages, pour être ensuite comparée à la situation en 2012, soit après l'enneigement causé par les barrages. Les 30 puits d'observation et de mesure de la nappe phréatique installés sur le site ont permis de réaliser un suivi des conditions hydrologiques. Au total, pendant deux saisons de croissance, plus de 1 200 000 données de profondeur de nappe ont été mesurées. Nous présentons donc ici l'essentiel des résultats obtenus à partir de ces renseignements.

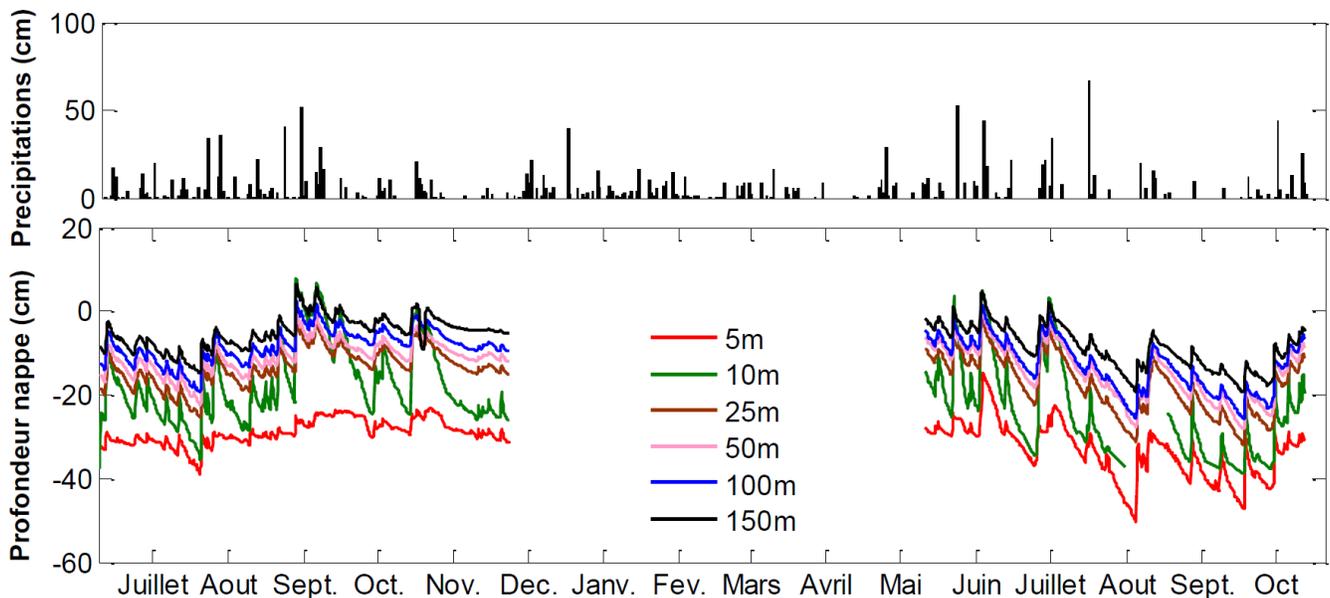
Les données figurant au Tableau 2 fournissent une description globale du comportement hydrologique de l'eau emmagasinée dans le sol avant et après la mise en place des barrages. Quelques données se sont avérées aberrantes, mais elles sont quand même présentées ici. On remarque, entre autres, des nappes phréatiques anormalement élevées sur le transect T10, à 10, 25 et 50 m du canal, particulièrement pour l'année 2011. La présence sur ce transect de sols perturbés (sentier de Quad) à proximité des capteurs est fort possiblement la cause de ces hautes nappes. Le transect T10 a donc été mis de côté pour l'interprétation des résultats. La moyenne générale obtenue à partir du reste des données montre, pour les puits qui sont situés à 50 m et plus du canal, des profondeurs de nappe moyennes à près de 19 cm sous la surface en 2011 (année humide) et 22 cm en 2012 (année sèche). Les précipitations cumulées pour la période de juin à septembre étaient de 496 mm en 2011 et de 410 mm en 2012 respectivement (Station EC Québec/Jean-Lesage INTL). On remarque aussi une augmentation générale du niveau de la nappe à 5 et 10 m du fossé entre 2011 et 2012, ce qui illustre bien l'effet des barrages sur la nappe phréatique. Toutefois, il est nécessaire de décortiquer plus en profondeur ces données.

**Tableau 2 : Profondeur moyenne (cm) de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol pour les périodes de mai à novembre.**

Distance fossé (m)	T10			T120			T400-N			T400-S			T530			Moyenne		
	2011	2012	Diff. (%)	2011	2012	Diff. (%)	2011	2012	Diff. (%)	2011	2012	Diff. (%)	2011	2012	Diff. (%)	2011	2012	Diff. (%)
5	27	23	13	29	33	-16	70	-20	128	56	2	97	31	11	63	43	10	76
10	2	10	-366	18	25	-41	52	22	58	59	46	21	33	35	-6	33	28	16
25	10	15	-59	13	18	-33	36	36	0	32	28	12	20	26	-33	22	25	-11
50	8	13	-68	11	15	-34	21	19	9	32	29	11	19	21	-12	18	19	-6
100	14	18	-29	8	13	-58	20	21	-3	39	47	-19	16	21	-34	20	24	-23
150	18	19	-6	5	9	-75	15	17	-14	22	25	-11	23	29	-24	17	20	-18

La Figure 14 présente la pluviométrie et les profondeurs de la nappe phréatique pour le transect 120N. Ce transect se situe à plus de 100 m en amont du barrage 2 (Figure 5). Il représente bien les conditions hydrologiques qui caractérisent la tourbière aux abords du Grand Canal, en absence d'arbres, puisque tous les arbres présents dans les premiers 15 m du canal ont été récoltés en 2010. On peut voir que la profondeur de la nappe phréatique, pour toutes les distances par rapport au canal, suit des variations

similaires, et que celles-ci sont en réaction avec les précipitations. En 2011, selon les distances par rapport au canal, les profondeurs de nappe varient entre -40 et 10 cm. Plus les mesures sont prises à proximité du fossé, plus les profondeurs sont importantes. L'amplitude des variations pour la distance de 5 m du canal est plus faible que pour les autres distances. De mai à octobre 2012, après la construction des barrages, on observe un comportement différent des profondeurs de nappe, entre autres à la distance de 5 m. Quelles que soient les distances par rapport au canal, les profondeurs de nappes sont généralement plus basses en 2012 qu'en 2011. Ceci s'explique principalement par une année 2012 beaucoup plus sèche que l'année 2011. L'amplitude de variation de la profondeur varie peu d'une année à l'autre, à l'exception d'une distance de 5 m du canal où un comportement très différent est observable entre 2011 et 2012. Pour cette distance du fossé, en 2011 la nappe était basse et très peu variable, tandis qu'en 2012 elle était en moyenne un peu plus basse, mais démontrait des fluctuations plus fortes et plus semblables aux autres distances.



**Figure 14 : Pluviométrie (Station EC-Québec) et profondeur de la nappe sur le transect 120N pour toutes les distances par rapport au Grand Canal, de juin 2011 à octobre 2012.**

Ces résultats permettent de constater que les profondeurs de nappe moyennes annuelles sont plus basses en 2012 qu'en 2011, et que cette différence annuelle est sensiblement la même pour tous les puits (Figure 15). On peut aussi remarquer que le canal avait, avant la construction des barrages, un effet hydrologique marqué sur la nappe phréatique à 5 et à 10 m du canal. Toutefois, il semble que le blocage du canal n'a pas eu, sur ce transect, un effet marqué sur le comportement hydrologique du puits situé à 5 m de distance. La remontée du niveau d'eau dans le canal à l'endroit précis où se trouve le transect est évaluée à plus de 1 m, mais celui-ci se situe encore à plus de 80 cm de la surface de la tourbe. Il est donc possible que les conditions hydrologiques des sols à proximité de ce transect n'aient été que légèrement modifiées, entre autres parce que le barrage provoquant la remontée de la nappe se situe à près de 100 m en aval de ce transect de puits.

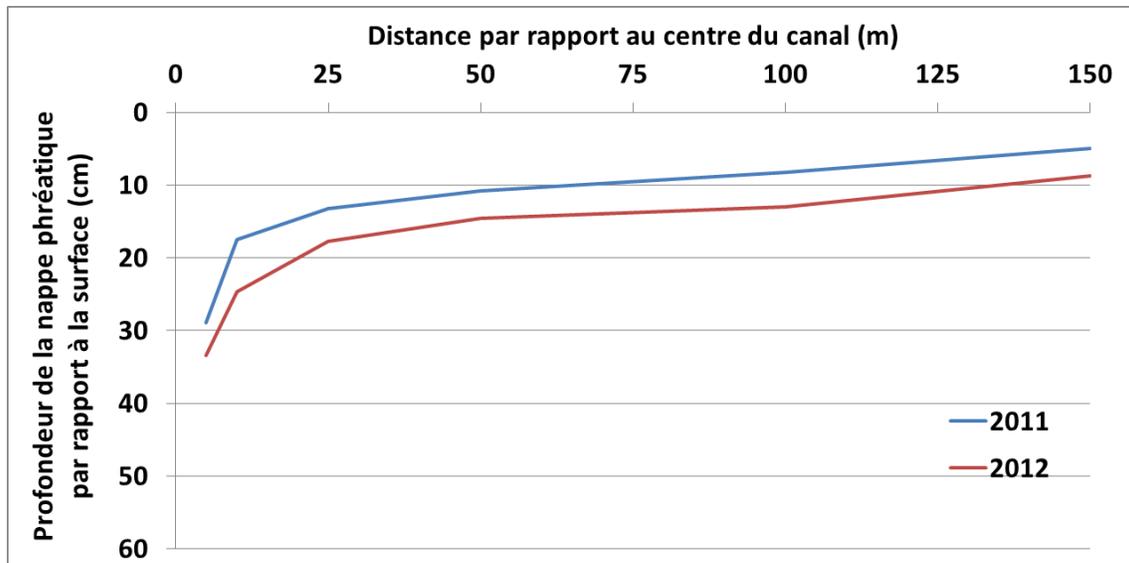


Figure 15 : Profondeur annuelle moyenne de la nappe phréatique sur le transect 120N.

Les Figure 16 et 17 présentent le même type de données que les deux figures précédentes, mais pour le transect 530N. Ce transect est situé à environ 50 m en amont du barrage 6 (Figure 5). On observe sur cette figure un comportement similaire au transect 120N en 2011, soit un niveau de nappe comparable pour les distances de 25, 50, 100 et 150 m, ainsi que des niveaux de nappe plus bas pour les distances de 5 et 10 m. En 2012, les variations sont beaucoup plus fortes, la nappe ayant fortement augmenté pour la distance de 5 m, tandis qu'une faible remontée est observée à 10 m du canal. La remontée de la nappe semble ici être beaucoup plus marquée que sur le transect 120N.

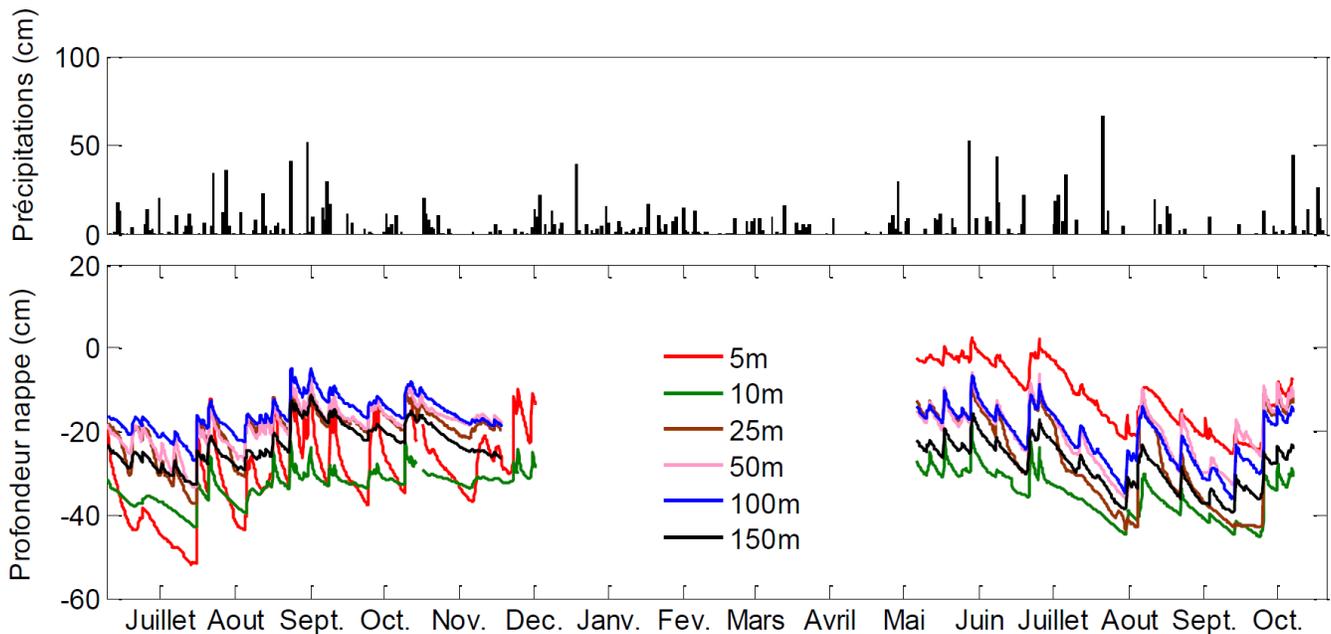


Figure 16 : Pluviométrie (Station EC-Québec) et profondeur de la nappe sur le transect 530N pour toutes les distances par rapport au Grand Canal, de juin 2011 à octobre 2012.

Tout comme pour les résultats obtenus sur le transect 120N, la profondeur moyenne annuelle de la nappe phréatique est plus basse en 2012 qu'en 2011 pour les puits situés à 10, 25, 50, 100 et 150 m du canal (Figure 17). Le blocage du canal a eu, sur ce transect, un effet marqué sur le comportement hydrologique du puits situé à 5 m, et un effet plus subtil sur le puits situé à 10 m.

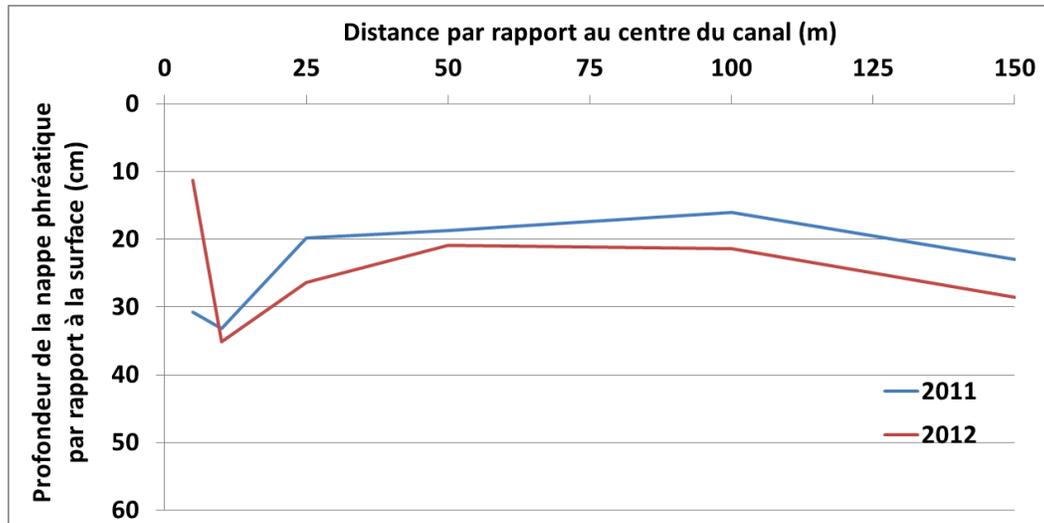
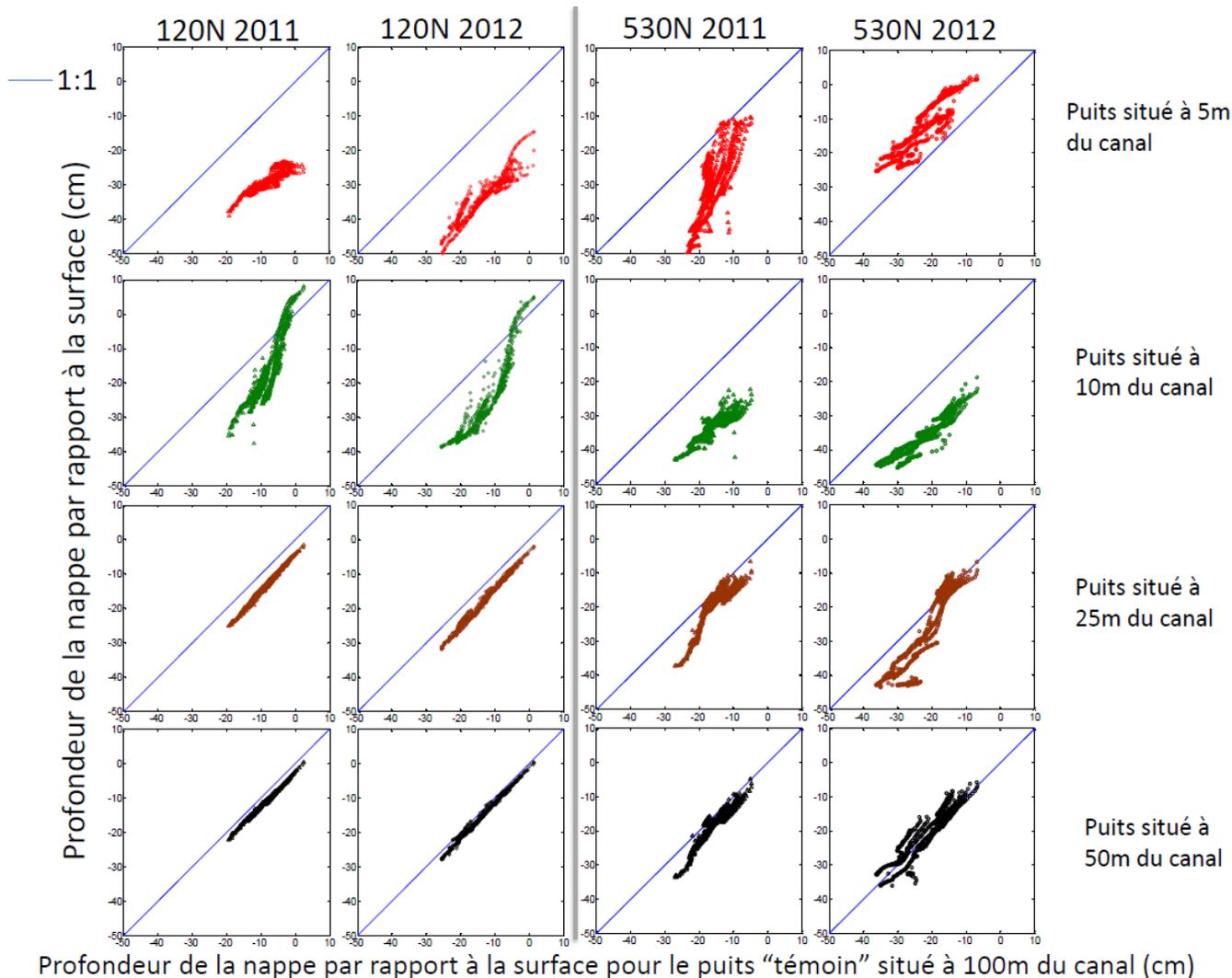


Figure 17 : Profondeur annuelle moyenne de la nappe phréatique sur le transect 530N.

Afin de pouvoir comparer plus adéquatement les profondeurs de nappe phréatique en réaction à la construction des barrages, il est nécessaire d'utiliser les valeurs mesurées au même moment entre différents puits. Lorsqu'elles sont comparées aux données recueillies à un puits qui n'est pas affecté par le traitement, les changements de comportement de nappe deviennent facilement visibles si le traitement est efficace. Cette méthode permet de mettre en parallèle deux années entre elles, même si l'une était humide (2011) et que l'autre était sèche (2012). L'idée est donc ici de comparer pour un même transect, les profondeurs de nappe phréatique des puits situés à des distances soumises à l'impact du canal (5, 10 et 25 m) avec celles des puits non affectés par le drainage (50 et 100 m), et ce, pour la période sans barrage (2011) et la période avec barrage (2012). Les deux mêmes transects (120N et 530N) ont été utilisés. Sur la Figure 18, la droite unitaire est représentée en bleu, afin de tracer le comportement de référence qu'auraient deux séries de données parfaitement identiques. Si les points sont en dessous de la droite, cela signifie que la nappe est plus profonde qu'à 100 m et inversement si les points sont au-dessus.

Pour les deux transects illustrés à la Figure 18, on observe qu'à 5 m du canal la nappe phréatique est plus profonde en 2011 qu'en 2012, ce qui confirme l'effet des barrages pour les puits situés à proximité du canal. L'effet est particulièrement visible pour le transect 530N. Pour les puits situés à 10 m du canal, les différences entre les deux années sont nulles (120N) ou très faibles (530N). On observe toutefois une nappe phréatique systématiquement plus basse qu'à 100 m du canal, ce qui démontre bien l'influence du canal sur le rabattement à cette distance. À 25 et à 50 m du canal, la nappe phréatique se situe pratiquement à la même profondeur sous la surface qu'à 100 m du canal.

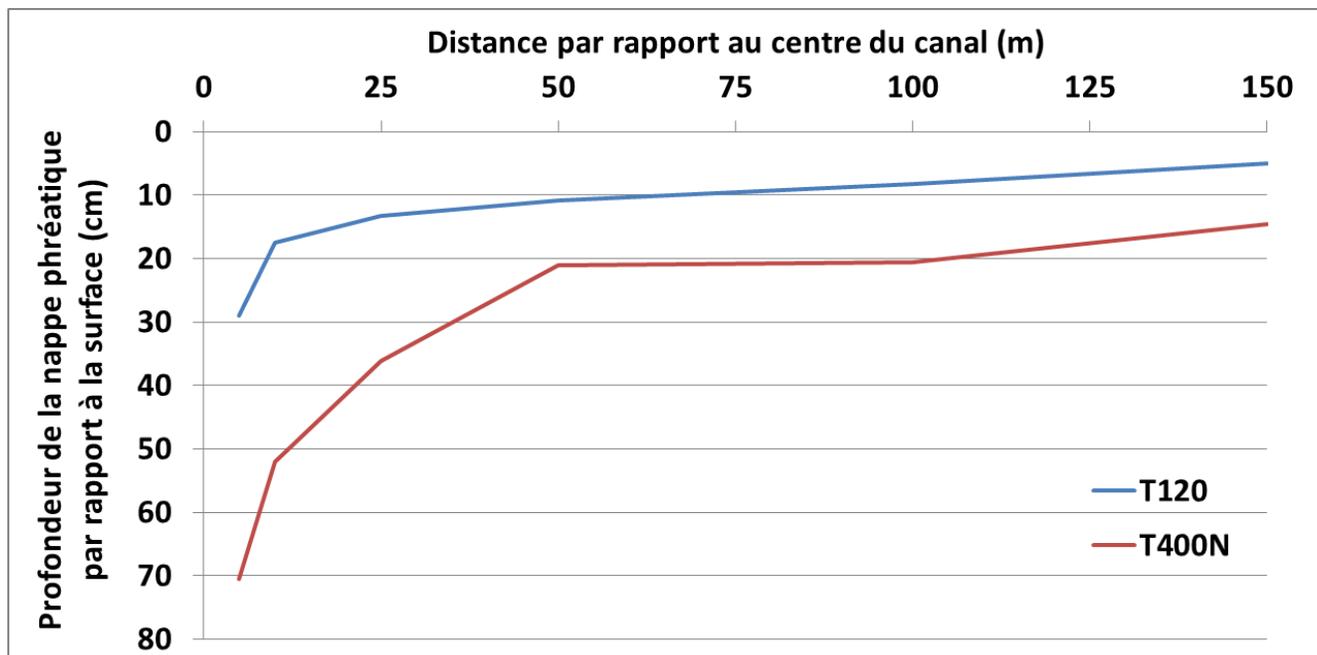


**Figure 18: Comparaison, pour deux transects, des profondeurs de la nappe phréatique à 5, 10, 25 et 50 m du canal en fonction de la profondeur de la nappe à 100 m du canal.**

Il apparaît ici que la construction des barrages a permis une remontée de la nappe phréatique sur des distances latérales variant de 5 à 10 m par rapport au canal. De plus, compte tenu du faible impact du canal sur la profondeur de la nappe à plus de 25 m, que ce soit avant ou après la construction des barrages, il est raisonnable de conclure que la construction des barrages n'a eu qu'un effet de restauration hydrologique partiel, en provoquant une remontée de la nappe phréatique à proximité du canal seulement. Toutefois, les données démontrent aussi qu'aucune restauration hydrologique n'est nécessaire à un espacement latéral du canal plus grand que 25 m, puisque la nappe n'est tout simplement pas affectée par la présence du canal à cette distance.

## Évaluation de l'effet hydrologique des arbres

Quelques études démontrent bien l'effet que peut avoir une végétation forestière vigoureuse sur la régulation de la nappe phréatique (Jutras et al. 2006a, b)<sup>1</sup>. Dans le cas de la restauration hydraulique de la Grande-Plée-Bleue, l'abondance de mélèzes de forte dimension (> 6 cm au DHP) pourrait maintenir des nappes basses, même après l'ennoisement du canal. Cette essence possède un pouvoir d'évapotranspiration très élevé et elle peut s'avérer très tolérante aux remontées de la nappe phréatique. Ainsi, les arbres de forte dimension situés à proximité du canal ont été abattus en mai 2012. L'effet hydrologique de ces arbres a été estimé pour le site en comparant, pour l'année 2011, la profondeur de la nappe sur le transect 120N (absence totale d'arbres à proximité des puits) à celle observée sur le transect 400N (surface terrière de 14, 28, et 24,5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> autour des puits situés respectivement à 5, 10 et 25 m du canal). La Figure 19 illustre la nappe plus basse aux endroits où les arbres matures se sont avérés abondants (T400N-5, 10 et 25 m) et plus élevée où les arbres étaient absents (T120N et T400N-50, à 100 et 150 m). La présence d'arbres à proximité du canal provoque un rabattement approximatif de 44, 15 et 11 cm, lorsque mesuré à 5, 10 et 25 m du canal, respectivement (Figure 19), tout en prenant en compte de la différence de profondeur de nappe observée plus loin sur ces transects.



**Figure 19 : Comparaison, pour deux transects, des profondeurs annuelles moyennes de la nappe phréatique en 2011 en fonction de la distance au canal.**

<sup>1</sup> Jutras, S., A.P. Plamondon, H. Hökkä et J. Bégin. 2006a. Water table changes following precommercial thinning on post-harvest drained wetlands. *Forest Ecology and Management* 235: 252-259.

Jutras, S., H. Hökkä, J. Bégin et A.P. Plamondon. 2006b. Beneficial influence of plant neighbours on tree growth in drained forested peatlands: A case study. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 2341-2350.

Sans pouvoir complètement isoler l'influence hydrologique des arbres matures sur le site de la Grande-Plée-Bleue, il apparaît que leur présence avait un effet notable sur le rabattement de la nappe. La présence de barrage ayant peu influencé la remontée de la nappe à 10 m du fossé, il semble que la décision de faire abattre les arbres de forte dimension a été appropriée, car il est fort possible que les grosses tiges de mélèze, entre autres, n'aient jamais été tuées par la modification des conditions de croissance.

#### *Suivi à moyen et long termes de l'hydrologie*

Un suivi hydrologique à l'aide de capteurs automatisés de profondeur de nappe phréatique sera réalisé annuellement dans le cadre du cours *Taxonomie et méthodes d'échantillonnage en tourbières* enseigné par Line Rochefort et Sylvain Jutras jusqu'en 2021. Ce suivi sera plus restreint que celui réalisé entre 2010 et 2012 puisqu'il sera réalisé sur seulement deux transects.

## **Suivi de la chimie de l'eau**

Un échantillonnage d'eau pour analyses chimiques a été effectué le 11 août 2010, préalablement à la construction des barrages, et le 17 mai 2012, soit après le remouillage de la tourbière. Cet échantillonnage se poursuivra annuellement à partir de 2012 sur une période de 10 ans dans le cadre du cours *Taxonomie et méthodes d'échantillonnage en tourbières* enseigné par Line Rochefort et Sylvain Jutras. Les échantillons d'eau sont récoltés dans 12 puits situés au centre des parcelles de suivi de la végétation (voir Chapitre 4), à 2 et 100 m de part et d'autre des canaux pour les trois transects. Le pH et la conductivité sont mesurés au laboratoire du GRET. Les autres analyses sont effectuées au laboratoire d'analyse du Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval. Elles comprennent les éléments nutritifs, soit l'azote (sous forme de nitrate et d'ammonium), le phosphore et le potassium. L'analyse des cations de base inclut le calcium, le magnésium et le sodium. En 2010 et 2012, nous avons également fait analyser les sulfates et des métaux, soit le fer et le mercure, puisque ceux-ci sont des contaminants potentiels dans l'eau des tourbières. Le carbone organique dissous (COD) a également été mesuré.

### Résultats

Les résultats issus de la campagne d'échantillonnage ne révèlent pas pour l'instant de changement majeur dans la chimie de l'eau en fonction du remouillage et de la distance au canal de drainage dans la tourbière (Tableau 3). De façon générale, la tourbière de la Grande-Plée-Bleue est une tourbière très acide (pH  $3,3 \pm 0,6$ ). La conductivité électrique de cette tourbière est influencée principalement par le pH, puisqu'une fois corrigée pour l'apport en ions H<sup>+</sup>, la conductivité est nulle. La concentration des nutriments et cations de base est faible et représentative d'une tourbière ombrotrophe. En effet, tous les éléments mesurés sont compris dans la plage de la moyenne provinciale déterminée par Andersen et al. (2011). Pour ce qui est de la présence de métaux lourds, tous les échantillonnages pour le mercure ont donné de concentrations sous la limite du seuil de détection. Les seuls éléments qui semblent être influencés par la distance de la station d'échantillonnage par rapport au canal sont les sulfates, le carbone organique dissous, et ce, après le remouillage. Pour ces trois items, les valeurs sont significativement plus élevées près du canal qu'à 100 m de celui-ci.

**Tableau 3. Résultats des analyses chimiques du 11 août 2010 et du 17 mai 2012. Les valeurs présentées sont les moyennes et les écarts-types à deux distances du canal de drainage. Pour quelques éléments, les données sont non disponibles (ND) ou sous le seuil limite de détection (<D.L.).**

	2010 (sans barrage)		2012 (avec barrage)		Moyenne provinciale <sup>[1]</sup>
	2 m	100 m	2 m	100 m	
N-NO <sup>3-</sup> (mg/L)	0,19 (0,30)	0,05 (0,01)	0,04 (0,01)	0,01 (0,01)	0,04 (0,12)
N/NH <sup>4+</sup> (mg/L)	1,58 (2,15)	0,83 (0,48)	0,94 (0,40)	0,53 (0,19)	0,65 (0,47)
P (mg/L)	0,26 (0,40)	0,22 (0,32)	0,25 (0,29)	0,11 (0,03)	0,17 (0,20)
Ca (mg/L)	1,03 (0,69)	1,51 (1,73)	0,56 (0,34)	0,19 (0,19)	0,54 (0,54)
Mg (mg/L)	0,30 (0,22)	0,55 (0,84)	0,19 (0,10)	0,13 (0,09)	0,19 (0,35)
Fe (mg/L)	0,23 (0,08)	0,21 (0,09)	0,47 (0,23)	0,25 (0,05)	0,23 (0,13)
Hg (mg/L)	<D.L.	<D.L.	<D.L.	<D.L.	ND
K (mg/L)	0,73 (0,39)	0,96 (0,56)	0,41 (0,18)	0,45 (0,11)	1,43 (1,05)
Na (mg/L)	0,96 (0,64)	0,88 (0,27)	1,13 (0,21)	1,05 (0,16)	1,83 (2,64)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	20,9 (3,7)	14,0 (4,3)	22,8 (3,5)	13,6 (1,3)	14,1 (11,1)
COD (mg/L)	ND	ND	100,8 (23,8)	57,5 (7,8)	ND
pH	3,03 (0,58)	3,40 (0,61)	3,54 (0,15)	3,92 (0,40)	4,0 (0,4)

<sup>1</sup> Données tirées de : Andersen, R., L. Rochefort et J. Landry. 2011. La chimie des tourbières du Québec : une synthèse de 30 années de données. Le Naturaliste canadien 135 (1) : 5-14.

## 4. SUIVI ÉCOLOGIQUE POUR ÉVALUER LE SUCCÈS DES TRAVAUX (Objectif 3)

### *Végétation*

#### **Dispositif expérimental**

Une évaluation écologique avant remouillage a été effectuée le long de trois transects qui s'étendent de part et d'autre des canaux de drainage. Deux transects (Tr 1 et Tr 2) traversent le Grand Canal et un autre croise le canal Beauharnois (Tr 3) à partir d'un point central situé dans les canaux, dont les coordonnées sont les suivantes (Figure 20) :

Tr 1 : 46°46'40,08"N 71°03'30,09"O

Tr 2 : 46°46'36,14"N 71°03'37,21"O

Tr 3 : 46°46'29,95"N 71°03'55,75"O



**Figure 20 : Disposition des transects perpendiculairement aux canaux pour le suivi écologique de la végétation.**

## Suivi de la végétation

Pour chaque transect, quatorze tiges de métal (sept de chaque côté du canal) ont été installées et numérotées vis-à-vis les puits de suivi hydrologique afin de les repérer d'année en année. Elles sont situées à des distances de 1, 2, 5, 10, 25, 50 et 100 m par rapport au haut du talus du canal de drainage (ces distances ne correspondent pas exactement aux distances du suivi hydrologique puisque ces dernières sont calculées par rapport au milieu du canal). Ces tiges sont le centre de parcelles de 12 m x 2 m qui permettent d'évaluer efficacement le couvert arbustif excluant les éricacées. À l'intérieur de ces grandes parcelles, quatre quadrats circulaires de 70 cm de diamètre sont distribués à distance égale, parallèlement au canal, dans lesquels est évalué le couvert des autres strates de végétation (éricacées, herbacées et strate muscinale). La Figure 21 présente le schéma de la disposition des quadrats.

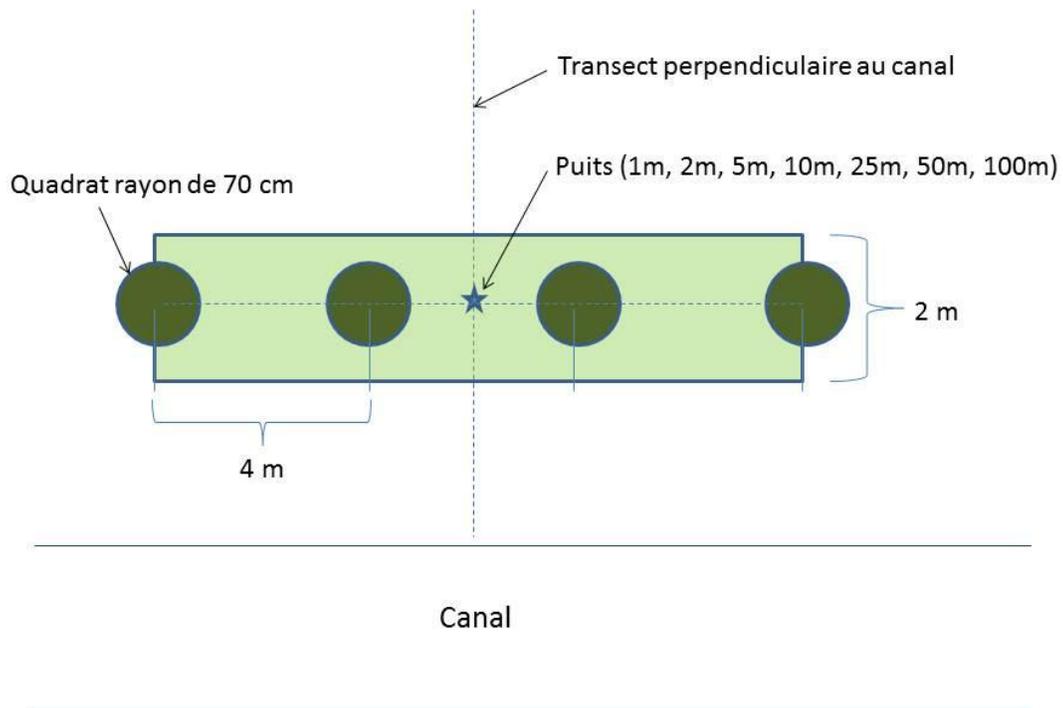


Figure 21 : Schéma de la disposition des quadrats pour le suivi de la végétation.

Une première évaluation de la végétation a été effectuée en août 2010 avant la construction des barrages et sera par la suite répétée annuellement à partir de 2012 pendant dix ans dans le cadre du cours *Taxonomie et méthodes d'échantillonnage en tourbières* enseigné par Line Rochefort et Sylvain Jutras. Le suivi de végétation sera réalisé au même moment que celui de l'hydrologie et celui de la chimie de l'eau.

## Résultats

Les résultats de l'évaluation pré-remouillage de 2010 ont montré que les canaux de drainage ont une grande influence sur la composition de la végétation. À 10 m de part et d'autre d'un canal, la moyenne de recouvrement muscinal total (sphaigne et autres mousses) est inférieure à 11 %, tandis qu'à 100 m du canal, la moyenne de recouvrement muscinal total est de 70 % (Figure 20). Les sphaignes, le groupe d'espèces clés des tourbières ombrotrophes, sont grandement affectées par le drainage, et ce, jusqu'à une distance de 25 m du canal (Figure 20). La même tendance est observée lors du suivi post-remouillage en 2012, principalement en raison du cours laps de temps écoulé entre le remouillage (novembre 2011) et l'inventaire végétal (mai 2012).

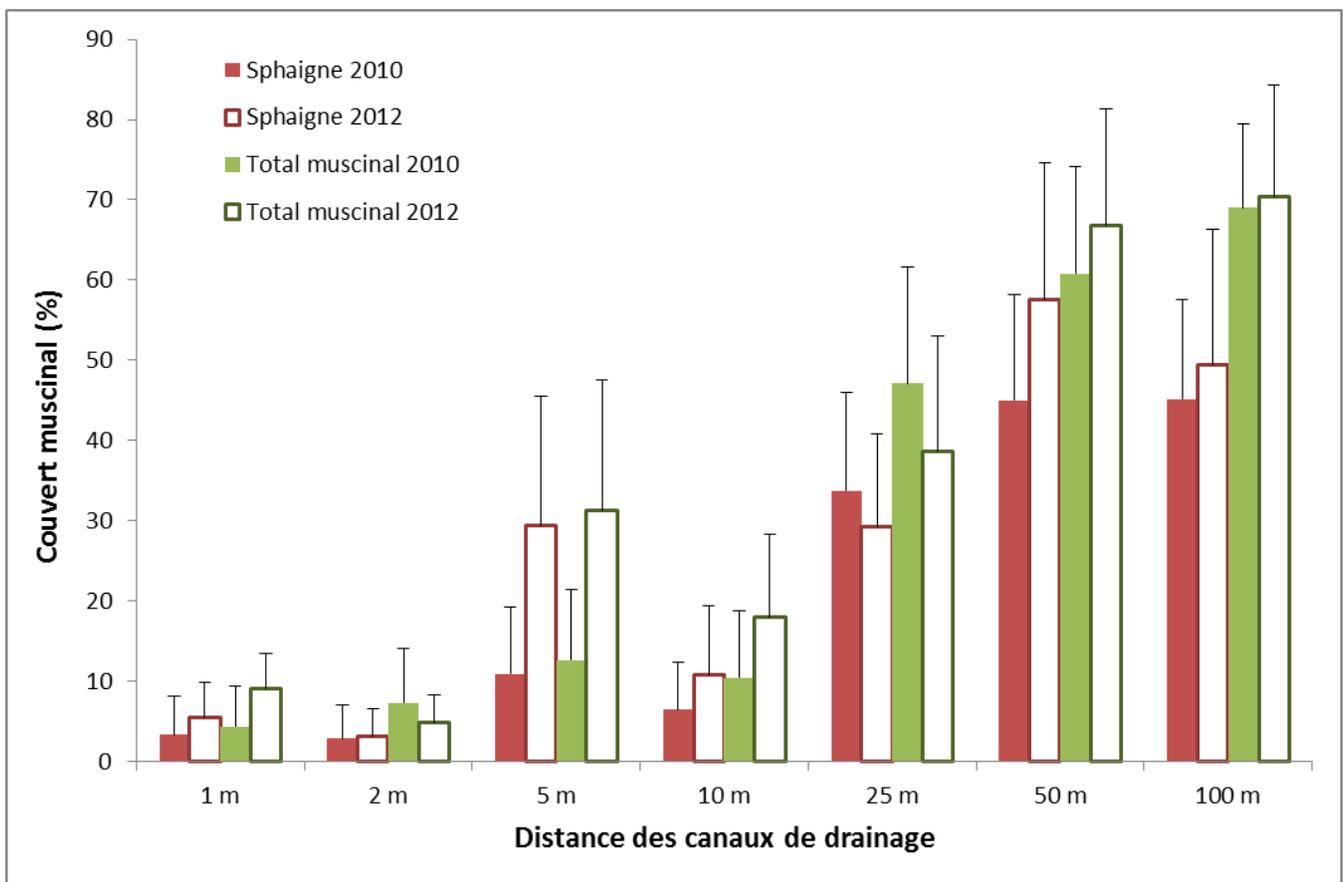
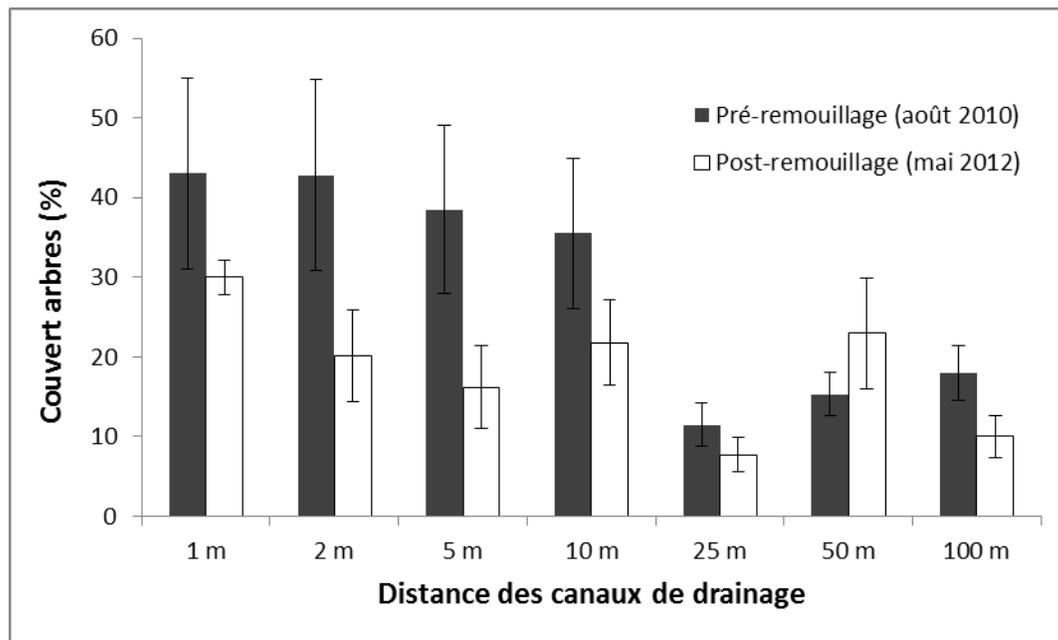


Figure 22 : Pourcentage de recouvrement de la sphaigne et du total de recouvrement muscinal lors du suivi pré-remouillage en 2010 et post-remouillage en 2012. Les moyennes et les erreurs types sont présentées (n=24).

Les canaux de drainage ont également un impact important sur l'afforestation. La présence d'arbres est beaucoup plus marquée dans les dix premiers mètres de part et d'autre du canal, avec une moyenne d'environ 40 % de couvert avant le remouillage (Figure 23). Le rabattement de la nappe phréatique

causé par le canal est à l'origine de cette situation. La présence du canal de drainage crée des conditions plus adéquates pour la croissance des arbres, puisqu'aux abords de ce dernier, la profondeur de sol aéré (c.-à-d. non saturé d'eau) est plus grande que dans le reste de la tourbière. Le couvert moyen des arbres est d'environ 15 % à plus de 25 m du canal. Le premier suivi post-remouillage a été effectué en mai 2012, avant l'abattage des arbres et, par conséquent, aucun changement ne devrait être observé entre les deux relevés. Un plus faible recouvrement des arbres a pourtant été observé en 2012. Ceci s'explique par le fait qu'en 2012, les relevés ont été effectués en mai, avant la feuillaison des arbres, alors que l'inventaire de 2010 avait été réalisé en août, période de développement maximal du feuillage.



**Figure 23 : Pourcentage de recouvrement des arbres en fonction de la distance par rapport aux canaux de drainage avant (2010) et après (2012) le remouillage. Les moyennes et les erreurs types sont présentées (n=6).**

Étant donné le cours laps de temps écoulé entre le remouillage et l'inventaire de la végétation (environ six mois), les résultats du suivi après remouillage sont quasiment identiques à ceux de l'évaluation avant remouillage. En effet, on s'attend à ce que la sphaigne recolonise graduellement les abords des canaux, mais ce processus peut prendre plusieurs années et c'est pourquoi il a été convenu d'effectuer un suivi sur une période d'une décennie.

## 5. RÉDACTION D'UN DOCUMENT DE PRÉSENTATION ÉDUCATIF SUR LES TRAVAUX DE REMISE EN EAU DE LA TOURBIÈRE (Objectif 4)

À la demande du MDDEP, un document de présentation des différentes étapes des travaux a été préparé par SNC-Lavalin Environnement. Ce document est présenté ici-bas et s'adresse principalement aux personnes qui habitent en bordure de la Grande-Plée-Bleue et qui pourraient être inquiétées par le déroulement des travaux. Le document a été présenté sous forme de dépliant à la fin du printemps 2010.

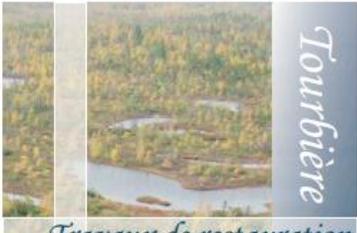


### Des travaux de restauration de la tourbière en 2010 et 2011

Le MDDEP, en collaboration avec l'Université Laval, entreprendra des travaux dans le but de corriger certains dommages causés à la Grande-Plée-bleue dans le passé. Ces travaux consisteront en une coupe sélective d'arbres et au blocage de canaux de drainage.

**Illustration de l'impact des travaux de restauration sur la végétation et le niveau d'eau de la nappe phréatique**

- État naturel**  
Nappe phréatique
- Impacts des canaux de drainage**
- Après les travaux de restauration**



**Pour toute information, contactez :**

**M. Réal Carpentier**  
Direction du patrimoine écologique et des parcs  
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs  
(418) 521-3907, poste 4764

**Line Rochefort, professeure**  
Département de Phytologie  
Université Laval  
(418) 656-2131, poste 2583



Crédit des photos: si non spécifié : MDDEP

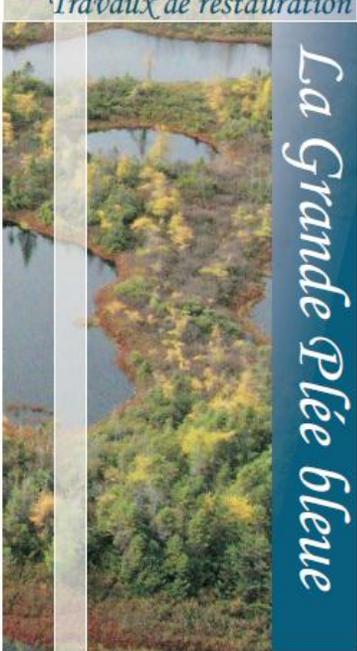
### Coupe sélective

On éliminera le bouleau et le peuplier faux-tremble qui se sont établis en bordure des canaux de drainage, deux espèces qu'on ne retrouve généralement pas dans les tourbières. Les troncs et les débris de coupe pourront être utilisés sur place pour la construction des barrages ou ils seront évacués.



**Blocage des canaux de drainage**

Les principaux canaux de drainage seront bloqués afin de hausser la nappe phréatique à un niveau proche de celui qu'on trouve naturellement dans les tourbières. Des matériaux (bois, pierre) et de la machinerie adaptés aux tourbières seront transportés et utilisés sur le site. Des travaux similaires ont déjà été réalisés avec succès dans le Bas-Saint-Laurent.



## La Grande Plée bleue

La tourbière la Grande Plée bleue constitue un écosystème exceptionnel qui compte pour une part importante des milieux humides de la région de Lévis. Plusieurs éléments contribuent à en faire un milieu d'une grande valeur:

- **Un grande richesse en habitats et en espèces.** La Grande Plée bleue comporte une grande variété d'habitats, dont 650 mares auxquelles sont associées des espèces particulières. Cette diversité d'habitats permet le maintien de près de 150 espèces de plantes incluant six espèces carnivores, ainsi que plusieurs espèces rares, autant végétales qu'animales.
- **Un écosystème à l'état naturel et de grande étendue.** Cette tourbière constitue un rare exemple de ce type de milieu humide encore à l'état naturel. Sa grande taille (environ 11 km<sup>2</sup>) favorise le maintien de son intégrité écologique et de la biodiversité.
- **Un rôle écologique insoupçonné.** Les milieux humides, telle la Grande Plée bleue, jouent un rôle important dans l'amélioration de la qualité de l'eau et la régularisation des débits d'eau. Les tourbières emmagasinent de grandes quantités de carbone ce qui contribue à limiter le réchauffement climatique.
- **Un laboratoire pour les chercheurs et le public.** La richesse et la proximité de la tourbière d'un grand bassin de population favorisent la réalisation d'études scientifiques et la poursuite d'activités pour les amateurs de la nature.

La Grande Plée bleue a quand même subi des dommages, principalement dans les années 1950 et 1960. Des canaux de drainages y ont été creusés, ce qui a abaissé le niveau de la nappe phréatique localement et favorisé l'établissement d'espèces d'arbres qu'on ne trouve pas naturellement dans les tourbières.



### Les Tourbières

Les tourbières sont des milieux humides accumulateurs de tourbe. Elles naissent du comblement de lacs peu profonds ou de sites mal drainés. Les conditions de saturation en eau limitent la décomposition des parties mortes des plantes. Cette matière organique s'accumule au fil du temps et forme la tourbe. À un certain point, la tourbe forme un bombement et la tourbière n'est plus alimentée que par les eaux de précipitation. Le sol devient acide et pauvre en éléments nutritifs et une végétation particulière, dominée par des mousses (les sphaignes) et des arbustes à petits fruits (éricacées) s'établit.



Rhododendron du Canada



Sarracénie purpure



Mares de la tourbière



Airelle frainco-nyctale (bleuet)



Tapissé de sphaignes

## Le projet de réserve écologique

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) est conscient de la valeur écologique unique de la Grande Plée bleue et projette d'en faire une réserve écologique.

L'objectif est de rendre la tourbière à son état naturel là où elle a subi des dommages et de la préserver pour les générations futures.



On veut aussi y favoriser la recherche scientifique pour accroître les connaissances sur ce type d'écosystème et y aménager un accès pour le public dans un but éducatif.

Parcours à travers une mare  
Photo: H. Stachul, 2009

## 6. CONCLUSION

Les travaux de remouillage du secteur sud de la tourbière de la Grande-Plée-Bleue ont été achevés en novembre 2011. Ces derniers comprenaient non seulement la construction d'une douzaine de barrages sur les deux canaux présents dans ce secteur de la tourbière, mais également l'abattage d'arbres qui s'étaient établis grâce aux conditions anormalement sèches présentes aux abords des canaux. Les travaux, uniques au Québec par l'ampleur des dimensions du Grand Canal, ont permis d'expérimenter divers types de structures pour créer les barrages et de développer une méthode de travail efficace dans les tourbières.

Des mesures de l'hydrologie, de la chimie de l'eau et des communautés végétales ont été colligées deux ans avant et un an après les travaux de remouillage afin de déterminer leurs impacts. Dès la première année après le remouillage, une remontée de la nappe phréatique a été observée sur une distance de 5 à 10 m par rapport au canal. Cette remontée de la nappe devrait permettre un rétablissement à moyen terme des communautés végétales dominées par les sphaignes qui étaient sous-représentées près du canal. Le remouillage de la tourbière a eu peu de répercussions pour l'instant sur la chimie de l'eau en fonction de la distance au canal de drainage dans la tourbière.

**ANNEXE 1**

**Fiche descriptive des travaux de restauration**



## Canal Beauharnois – Palissade 4X4 (B1)

---

**Description :** Palissade construite avec des madriers d'épinette de 4 pouces x 4 pouces, d'une longueur de 12 pieds, placés horizontalement en alternant les joints. Les madriers de 4x4 sont unis par des clous de 3 pouces et demi et, à tous les trois étages de 4x4, des clous de 10 pouces sont plantés afin de solidifier la structure. Le barrage est recouvert de géotextile Teck-700 afin d'assurer la rétention de la tourbe aux extrémités du barrage.

**Dimension finale :** 16 pieds de largeur, 5 pieds de hauteur.

**Coordonnées géographiques :** (-71,069214 : 46,777716)

**Temps de construction :**

*Manuellement :* 3h30 à deux personnes pour monter la palissade.

*Avec la pelle mécanique :* Au total, environ 4 h pour l'installation de la palissade, incluant les étapes suivantes :

- 1) 1 h pour l'excavation de la tranchée avec la formation des barrages temporaires;
- 2) 2 h pour le positionnement de la palissade, la stabilisation de la base avec de la tourbe, le positionnement et l'enfouissement du géotextile, la formation de deux pentes douces en tourbe en aval et en amont de la palissade;
- 3) 1 h pour la végétalisation de la surface du barrage.

**Matériel utilisé :**

- 20 madriers d'épinettes de 12 pieds (4 pouces x 4 pouces);
- 2 sections de géotextile Teck-700 (8 m x 3,5 m);
- Clous de 3,5 et de 10 pouces.



**Barrage 1 : Construction d'une palissade horizontale avec madriers de 12 pieds (4 pouces x 4 pouces).**



**Positionnement de la palissade et comblement des poches de géotextile avec de la tourbe bien tassée (barrage 1)<sup>2</sup>.**

---

<sup>2</sup> Pour toutes les photos de l'Annexe 1, les flèches jaunes indiquent le sens de l'écoulement de l'eau.



**Végétalisation de la tourbe fraîchement déplacée avec mousses, sphaignes, herbacées et éricacées (barrage 1).**



**Barrage bien revégétalisé deux ans après les travaux (mai 2012).**

## Canal secondaire du canal Beauharnois – Barrage de tourbe (B2)

---

**Description** : Barrage de tourbe érigé afin de bloquer le petit canal se jetant dans le canal Beauharnois.

**Dimension finale** : 10 pieds de largeur et 6 pieds de hauteur.

**Coordonnées géographiques** : (-71,069214 : 46,777716)

**Temps de construction** :

*Avec la pelle mécanique* : Au total 2 h, incluant les étapes suivantes :

- 1) 1h30 d'excavation de la mare et de construction du barrage;
- 2) 30 minutes pour végétaliser la surface du barrage.



Récolte de matériel (mélange de tourbe, sable et argile) au fond de la mare et formation du barrage (barrage 2).



Le barrage est élevé à la même hauteur que les berges de chaque côté de celui-ci (barrage 2).



Le barrage de tourbe est végétalisé et surélevé afin de contrer l'effet d'affaissement du matériel fraîchement déplacé (barrage 2).

## Canal Beauharnois – Barrage de tourbe avec géotextile (B3)

---

**Description** : Barrage de tourbe construit afin de contrer l'effet d'un ponceau sur le canal Beauharnois.

**Dimension finale** : 10 pieds de largeur, 6 pieds de hauteur (de chaque côté du ponceau).

**Coordonnées géographiques** : (-71,06862 : 46,777271)

**Temps de construction** :

*Avec la pelle mécanique* : Au total, 3 h pour la construction du barrage, incluant les étapes suivantes :

- 1) 1h30 d'excavation et de manutention de tourbe pour la formation des barrages temporaires;
- 2) 1h30 pour le positionnement et l'enfouissement du géotextile, pour la formation du barrage de tourbe en deux pentes douces en aval et en amont du ponceau et pour la végétalisation.

**Matériel** :

– 2 sections de géotextile Teck-700 de 5 m x 3,5 m pour former les poches de rétention de tourbe.



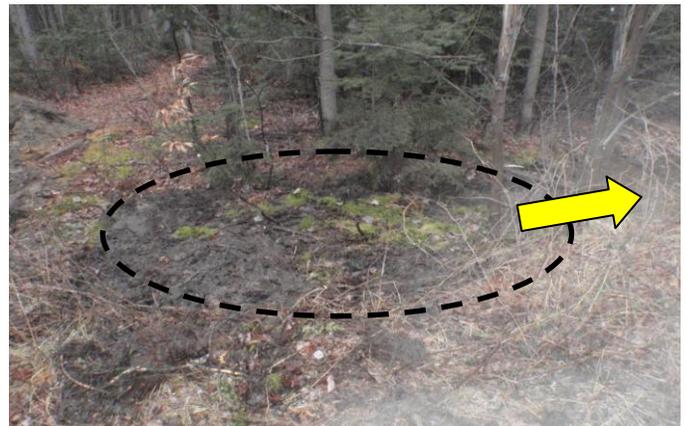
Barrage temporaire en aval du ponceau avec le matériel provenant du fond du canal à la sortie du ponceau (barrage 3).



Formation d'une poche de géotextile au fond du canal en amont du ponceau et construction du barrage de tourbe grâce au matériel provenant du barrage temporaire et d'une zone d'emprunt (barrage 3).



Formation d'une poche de géotextile au fond du canal en aval du ponceau (barrage 3).



Barrage en tourbe végétalisé en aval du ponceau du barrage 3. Le matériel végétal provenait de la surface de la zone d'emprunt de tourbe.

## Canal Beauharnois – Palissade horizontale (B4)

---

**Description** : Barrage formé d'une palissade dont les madriers de mélèze (2 pouces x 6 pouces, longueur de 16 pieds) sont bouvetés et placés horizontalement entre quatre paires de madriers de mélèze de 2 pouces x 6 pouces x 8 pieds de longueur.

**Dimension finale** : 16 pieds de largeur, 6 pieds de hauteur.

**Coordonnées géographiques** : (-71,065279 : 46,774893)

**Temps de construction** :

*Manuellement* : Au total 2 h, incluant les étapes suivantes :

- 1) 1 h à trois personnes pour construire la palissade;
- 2) 1 h à la fin de la mise en place du barrage pour l'installation d'une natte de coco permettant la stabilisation de la tourbe et l'ajout de végétation sur celle-ci.

*Avec la pelle mécanique* : Environ 4 h, incluant les étapes suivantes :

- 1) 1 h d'excavation de la tranchée perpendiculaire au canal avec la formation des barrages temporaires;
- 2) 2 h pour le positionnement de la palissade, la stabilisation de sa base avec de la tourbe, le positionnement et l'enfouissement du géotextile, la formation de deux pentes douces en tourbe en aval et en amont de la palissade;
- 3) 1 h pour ajouter la végétation sur la natte de coco installée préalablement à la main.

**Matériel** :

- 20 madriers de mélèze (2 pouces x 6 pouces, 16 pieds de longueur) bouvetés;
- 8 madriers de mélèze (2 pouces x 6 pouces, 8 pieds de longueur);
- 2 sections de géotextile Teck-700 de 3,5m par 10 m;
- Clous de 3,5 pouces.



Excavation de la tranchée et formation de barrages temporaires (barrage 4).



Construction de la palissade du barrage 4 avec des madriers de 16 pieds bouvetés (2 pouces x 6 pouces) entre quatre paires de madriers de 8 pieds.



**Transport de la palissade du barrage 4 à l'aide de chaînes.**



**La pelle mécanique enfonce la palissade du barrage 4 dans la tourbe et l'horizon minéral.**



**Enfouissement et stabilisation de la base de la palissade du barrage 4 avec de la tourbe.**



**Formation des poches de géotextile aux extrémités de la palissade du barrage 4.**



**Enfouissement des poches de géotextile et tassement de la tourbe (barrage 4).**



**Formation de pentes douces en amont et en aval de la palissade (barrage 4).**



**Pose de nattes de coco afin de stabiliser la tourbe contre l'érosion (barrage 4).**

## Canal Beauharnois – Palissade verticale (B5)

---

**Description** : Barrage en palissade verticale fabriqué à partir de madriers de mélèze bouvetés et coupés en biseau à la base, de 2 pouces x 6 pouces et 8 pieds de long, entre quatre paires de planches de 16 pieds (2 pouces x 6 pouces) placées à l'horizontale. L'installation de cette palissade suit les mêmes étapes que celles du barrage 4, c'est-à-dire que la palissade est construite d'abord et est installée dans une tranchée creusée à l'avance, exception faite qu'aucune natte de coco n'a été ajoutée à ce barrage.

**Dimension finale** : 16 pieds de largeur par 8 pieds de hauteur

**Coordonnées géographiques** : (-71,064706 : 46,774481)

### **Temps de construction** :

*Manuellement* : 2 h à deux personnes pour construire la palissade

*Avec la pelle mécanique* : Environ 4 h, incluant :

- 1) 1 h d'excavation de la tranchée avec la formation des barrages temporaires;
- 2) 2 h pour le positionnement de la palissade, la stabilisation de la base avec de la tourbe, le positionnement et l'enfouissement du géotextile, la formation des deux pentes douces en tourbe, en aval et en amont de la palissade;
- 3) 1 h pour la végétalisation de la surface du barrage.

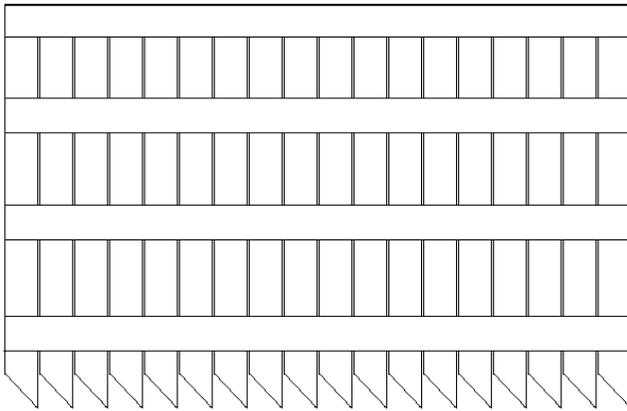
### **Matériel** :

- 40 madriers de mélèze, 2 pouces x 6 pouces, longueur de 8 pieds, coupés en biseau à la base;
- 8 madriers de mélèze de 16 pieds (2 pouces x 6 pouces);
- 2 sections de géotextile Teck-700 (3,5 m x 10 m);
- Clous de 3,5 pouces.

## Barrage 5 (essai préliminaire)

---

Au départ, pour le barrage 5, la technique d'enfoncement vertical de madriers devait être utilisée. C'est-à-dire, l'enfoncement vertical successif des planches en les alignant les unes sur les autres et en les enfonçant à l'aide d'une pelle mécanique. Toutefois, cette technique s'est avérée inefficace à cause de la structure du sol qui est caractérisée par un dense réseau de racines suivi d'une zone de tourbe molle. La résistance à la pénétration dans le sol varie selon la structure du sol et lorsque le madrier brise la zone de racine et tombe dans l'horizon de tourbe, sa vitesse de progression change et le mouvement de la pelle s'en trouve modifié, causant des ouvertures entre les madriers. La palissade fut donc construite avant d'être installée, tel que décrit précédemment.



**Schéma de la palissade verticale du barrage 5 entre quatre paires de planches horizontales.**



**Essai de la technique d'enfoncement vertical de madriers au barrage 5; constatation des ouvertures entre les madriers.**

## Canal Beauharnois – Palissade double avec comblement (B6)

**Description :** Ce barrage étant le dernier sur le canal Beauharnois, il a été conçu pour retenir une différence de pression plus grande que les autres barrages. Le barrage double avec comblement utilisé est constitué de deux palissades de madriers d'épinette de 16 pieds de longueur (4 pouces x 4 pouces) par 6 pieds de hauteur, reliées entre elles par des travers de 4 pouces x 4 pouces. Ce barrage fut construit en deux sections (supérieure et inférieure) afin de diminuer le poids de la structure et faciliter son transport dans la tranchée. L'espace entre les deux palissades a été comblé avec de la tourbe. Les clous de 3 pouces et demi ont servi à attacher les 4x4 entre eux et les clous de 10 pouces ont servi à unir chaque trois rangs de 4x4 ainsi que les deux sections du barrage. Les travers ont été positionnés entre les deux palissades sur les structures en U et ont été fixés avec des clous de 10 pouces. Les dimensions des travers ont été déterminées grâce au positionnement des deux palissades de 4x4 en position finale et à la mesure de la distance séparant les deux palissades aux emplacements des structures en U. La tranchée de 16 pieds (perpendiculaire au canal) par 8 pieds (sens du canal) a été creusée pour recevoir la première section du barrage.

**Dimension finale :** 16 pieds de longueur, 5 pieds et 8 pouces de hauteur

**Coordonnées géographiques :** (-71,063905, 46,773892)

### Temps de construction :

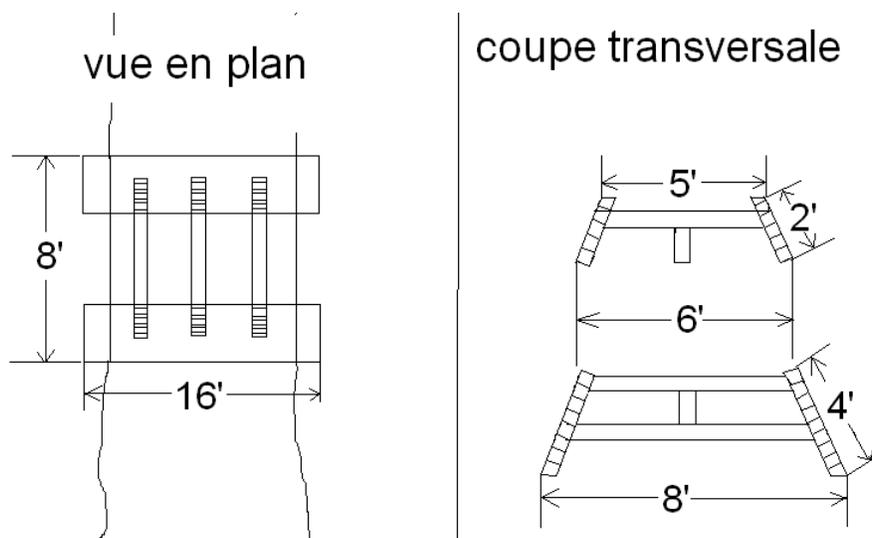
*Manuellement :* 11 h à 2 personnes pour construire les deux sections de la palissade double avec les travers.

*Avec la pelle mécanique :* Environ 11 h au total, incluant :

- 1) 3 h pour l'excavation de la tranchée avec la formation des barrages temporaires;
- 2) 8 h pour le transport des deux structures, pour le positionnement et le comblement de la première structure composant la base, pour l'installation de la deuxième section et son comblement et pour la formation des deux pentes douces en aval et en amont de la palissade double.

### Matériel :

- 65 madriers d'épinette de 12 pieds (4 pouces x 4 pouces);
- Clous de 3,5 pouces;
- Clous de 10 pouces.



**Plan de construction de la base du barrage double avec comblement (barrage 6) qui formera le dernier barrage du canal Beauharnois. La coupe transversale à droite représente les deux sections du barrage construites séparément et assemblées dans le canal.**



**Construction de la section supérieure du barrage double (barrage 6).**



**Structures en U pour stabiliser les travers de 4x4 lors de leur installation entre les deux palissades (barrage 6).**



**Transport de la palissade double (section inférieure), à l'aide de chaînes, jusqu'au site du barrage 6.**



**Excavation de la tranchée jusqu'à l'horizon minéral et construction de deux barrages temporaires en aval et en amont du barrage 6.**



**Installation et mise à niveau de la base de la palissade double à l'aide de la pelle mécanique et enfoncement de cette palissade double dans l'horizon minéral pour la construction du barrage 6.**



**Comblement de l'espace entre les deux palissades de la base du barrage double (barrage 6) avec de la tourbe.**



**Section inférieure constituant la base du barrage double avec comblement (barrage 6) prête à recevoir la section supérieure.**



**Installation de la section supérieure du barrage double avec comblement (barrage 6).**



**La section supérieure comblée avec de la tourbe du barrage 6.**



**La palissade double (barrage 6) est enfouie dans la tourbe avec deux pentes douces en aval et en amont du barrage.**



**État du barrage 6 le 31 mai 2012.**

## Canal Beauharnois – Comblement du canal entre B1 et B4

---

**Description** : Comblement du canal Beauharnois avec le matériel provenant du chemin de sable longeant le canal et du matériel issu des monticules de tourbe présents le long du canal. Afin de favoriser une remontée de la nappe phréatique et une connectivité hydraulique entre les deux parties de la tourbière séparées par le chemin, il a été convenu avec Sylvain Jutras et Line Rochefort que le chemin, étant à proximité du canal, serait utilisé comme matériel de remplissage du canal Beauharnois.

**Dimension finale** : environ 420 m du canal Beauharnois ont été comblés.

**Coordonnées géographiques** : entre le point 1 (-71,069214 ; 46,777716) et le point 4 (-71,065279, 46,774893).

**Temps de construction** : environ 7 h, à raison de 60 m de comblement à l'heure.



Comblement du canal Beauharnois entre les barrages 1 et 4 (voir Figure 3 du rapport) avec le matériel provenant du chemin longeant ce canal de drainage.



État des lieux en juin 2012.

## Grand Canal – Grande palissade avec caisson (G2, G4 et G6)

---

**Description** : Le concept de caisson avec palissade simple a été fabriqué selon deux variantes : un caisson carré de 12 pieds de côté et de 8 pieds de hauteur, fait en 4x4 de mélèze, et un caisson carré de 8 pieds de côté par 8 pieds de hauteur, fabriqué en 6x6 de mélèze. Chaque type de caisson a été associé à une palissade de 32 pieds de largeur par 8 pieds de hauteur, faite avec des planches de mélèze de 2x6 bouvetées.



Caisson 12 pieds de côté en 4x4.



Palissade simple.



Caisson 6 pieds de côté en 6x6.

**Dimension finale** : 32 pieds de largeur par 8 pieds de hauteur avec caisson (12 ou 6 pieds).

**Coordonnées géographiques** :

G2 : 46°46'28.44''N, 71°03'47.53''O

G4 : 46°46'34.43''N, 71°03'39.10''O

G6 : 46°46'39.38''N, 71°03'31.87''O

### Temps de construction :

*Manuellement* : 8 h à deux personnes pour construire la palissade et le caisson.

*Avec deux pelles mécaniques* : Environ 4 h, incluant :

- 1) 1 h : excavation du trou pour un barrage style caisson;
- 2) 1 h : installation du caisson et de la palissade;
- 3) 2 h : enfouissement, formation du barrage et revégétalisation.

*Transport avec l'hélicoptère* : Le transport de 12 structures de bois (3 caissons, 3 palissades simples et 6 sections de demi-palissade double) a nécessité environ deux heures de vol en comptant les déplacements entre le site et l'aéroport. Deux équipes de personnes sur le terrain et trois ensembles de courroies ont permis de faire ces déplacements de structures sans temps d'attente. Au départ, trois structures étaient prêtes à être élinguées et après le transport de la deuxième structure, l'ensemble de courroies de la première structure transportée retournait avec l'hélicoptère et ainsi de suite afin d'avoir un roulement et aucun temps d'attente pour l'hélicoptère. L'emplacement des barrages avait déjà été établi et identifié par des rubans orange en forme de X.

### Matériel :

- Surface de 256 pieds carrés en madriers de mélèze, 2 pouces x 6 pouces, longueur de 8 pieds, 12 pieds et 16 pieds;
- 48 madriers de mélèze de 12 pieds (4x4 pouces), pour le caisson de 12 pieds en 4x4;
- 32 madriers de mélèze de 6 pi (6x6 pouces), pour le caisson de 6 pieds en 6x6;
- Clous de 3,5 pouces;
- Clous de 10 pouces.



État du barrage G2 le 31 mai 2012.



État du barrage G4 le 31 mai 2012.



**État du barrage G6 le 15 juin 2012 avec les transplantations en avant-plan.**



**Formation de tapis flottants de sphaigne en amont du barrage G6 (15 juin 2012).**

## Grand Canal – Grande palissade double avec comblement (G1, G3 et G5)

---

**Description :** La palissade double avec travers est constituée de deux palissades de 32 pieds de largeur par 8 pieds de hauteur reliées entre elles avec des travers de 4x4. Encore une fois, le mélèze a été utilisé comme type de bois.



Différentes vues de la grande palissade double.

**Dimension finale :** 32 pieds de largeur par 8 pieds de hauteur (palissade double), incluant une forme de trapèze transversal ayant 12 pieds de largeur à la base et 10 pieds de large au sommet.

### Coordonnées géographiques :

G1 : 46°46'25.75''N, 71°03'49.24''O

G3 : 46°46'32.35''N, 71°03'42.05''O

G5 : 46°46'37.46''N, 71°03'34.78''O

### Temps de construction:

*Manuellement :* 8 heures à deux personnes pour construire 2 palissades et relier les 2 palissades entre-elles avec les travers de 4x4

*Avec deux pelles mécaniques :* Environ 4 h, incluant :

- 1) 1 h : excavation du trou pour un barrage style palissade double;
- 2) 1h15 : installation et l'enfouissement de la première section;
- 3) 1h15 : installation et l'enfouissement de la deuxième section;
- 4) 30 minutes : revégétalisation du barrage.

### Matériel :

- Surface de 550 pieds carrés en madriers de mélèze, de 2 pouces x 6 pouces, d'une longueur de 8, 12 et 16 pieds;
- 12 madriers de mélèze de 12 pieds (4x4 pouces) pour les travers;
- Clous de 3,5 pouces;
- Clous de 10 pouces.



**Installation et enfouissement de la deuxième section de la grande palissade double suite à l'enfouissement de la première section (base).**



**État du barrage G3 le 31 mai 2012.**



**ANNEXE 2**

**Coûts et dépenses liés au projet de restauration**



<b>Postes budgétaires</b>	<b>Montants (\$)</b>	<b>Détails</b>
<b>Salaires</b>		
Professionnels de recherche	26 890	Planification et supervision des travaux, prise de données, rédaction des rapports et du guide de drainage, administration du projet
Étudiants 1 <sup>er</sup> cycle	13 445	Aide sur le terrain pour les étudiants de 2 <sup>e</sup> cycle et pour les professionnels de recherche
Étudiants 2 <sup>e</sup> cycle	24 810	Olivier Marcoux (projet de maîtrise) et Amélie D'Astous (pour plantations)
Stagiaire postdoctoral	10 651	Sébastien Raymond (analyse et interprétation des données; rédaction de l'article scientifique)
<b>Fournitures générales</b>	11 752	Outils, matériaux de construction, piles (batteries), solutions de calibration pour pH-mètre/conductimètre, flacons, tubes et sacs de plastique pour prélèvement des échantillons, matériel d'arpentage, gants, etc.
	4 238	Plants d'éricacées et d'herbacées
	7 400	Bois pour les barrages (Scierie Lauzé et quincailleries)
	8 924	Concassé pour la route (Pajean)
<b>Matériel de bureau</b>	92	Papier, logiciel
<b>Frais postaux</b>	38	
<b>Reprographie</b>	3 998	Mise en pages et impression du guide de drainage, du rapport d'étape et du rapport final
<b>Frais voyage congrès, colloques</b>	2 410	Présentation du projet au congrès de l'International Peat Society à Stockholm, Suède, en juin 2012, par Sylvain Jutras
<b>Frais de voyage sur lieux d'expérience</b>	1 291	Essence pour véhicules
<b>Analyses chimiques</b>	7 087	Analyses chimiques (eau)
<b>Consultation (corporations)</b>	21 421	François Quinty, SNC-Lavalin: planification et gestion (honoraires)
	78	François Quinty, SNC-Lavalin: planification et gestion (dépenses)
	13 757	François Quinty, SNC-Lavalin: blocage des canaux (honoraires)
	28	François Quinty, SNC-Lavalin: blocage des canaux (dépenses)
	3 888	François Quinty, SNC-Lavalin: déboisement (honoraires)
	3 137	François Quinty, SNC-Lavalin: dépliant sur la GPB (honoraires)
	18 484	Travaux d'abattage d'arbres (Groupement Forestier Bellechasse-Lévis)
	15 140	Travaux d'excavation pour l'installation des barrages (Jos Pelletier, Pajean et Tourbes Nirom)
<b>Équipements (achats)</b>	8 802	Enregistreurs de niveau d'eau ( <i>levelloggers</i> )
	1 845	Caméras «Bush», pH-mètre/conductimètre portatif, GPS
<b>Location et réparation d'équipement</b>	693	Location de perceuses et d'une génératrice; réparation de la pompe à eau (Moto Rive-Sud)
<b>Location d'hélicoptère</b>	4 256	Pour transport des barrages
<b>Location véhicules</b>	10 445	Camions et voitures, pour visites sur le terrain et transport des matériaux
	<b>225 000</b>	