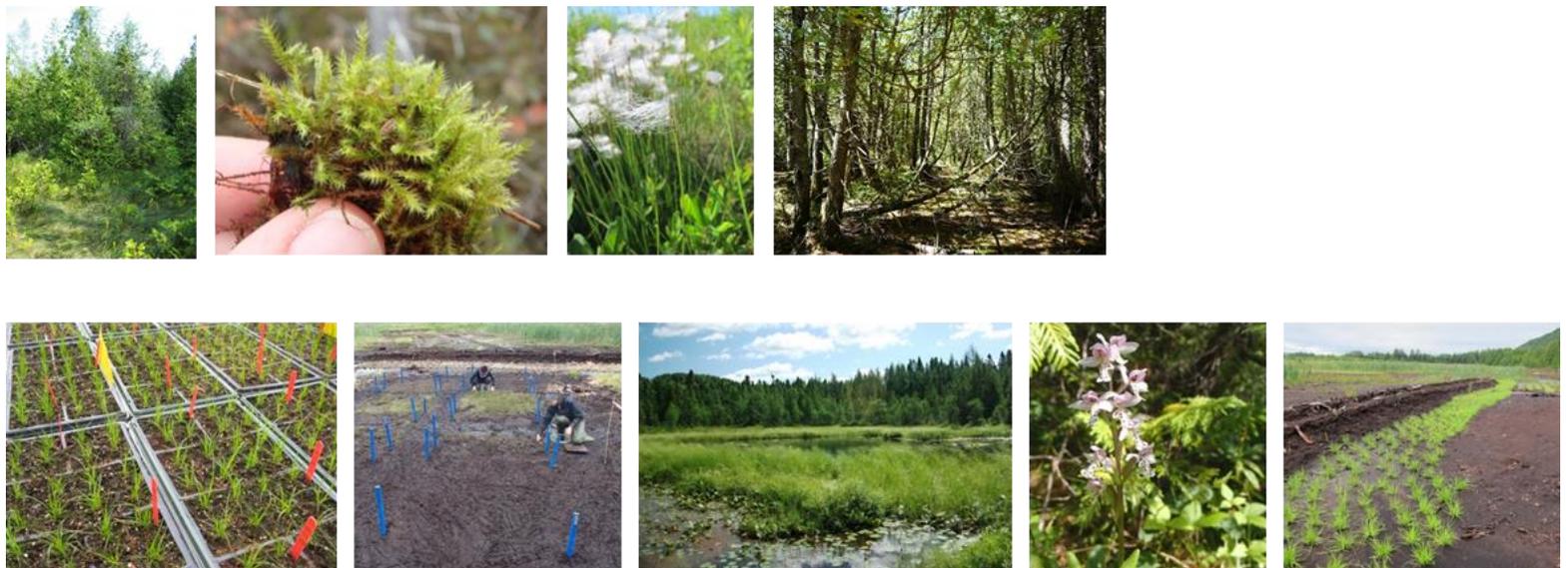


RESTAURATION DES TOURBIÈRES MINÉROTROPHES ÉTAT DES CONNAISSANCES 2015



Le présent document est issu du rapport final « Restauration écologique des tourbières de Bic-Saint-Fabien et de Saint-Fabien-sur-Mer dans le Bas-Saint-Laurent » - R719.1, déposé au ministère des Transports du Québec le 17 mars 2015, produit à la demande du ministère des Transports du Québec et financé par la Direction de l'environnement et de la recherche pour un projet de la Direction du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Pour accéder au document original : www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1169104.pdf.

Restauration des tourbières minérotrophes: État des connaissances 2015

Groupe de recherche en écologie des tourbières
Université Laval, Québec, Québec.

Groupe de rédaction : Marie-Claire LeBlanc, Sandrine Hogue-Hugron, Claire Boismenu, Vicky Bérubé, Rémy Pouliot et Line Rochefort.

Citation recommandée :

Groupe de recherche en écologie des tourbières (2016). Restauration des tourbières minérotrophes: État des connaissances 2015. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec. 22 pages et 3 annexes.

Ce document est aussi disponible en version PDF : www.gret-perg.ulaval.ca

Octobre 2016

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction.....	1
1.1	Définition et importance des tourbières	1
1.2	La restauration des tourbières	2
1.2.1	Restauration des tourbières ombrotrophes.....	2
1.2.2	Restauration des tourbières minérotrophes	3
1.3	Objectifs et structure du guide.....	4
2.	Développement d'une méthode spécifique à la restauration des fens	7
2.1	Planification de la restauration.....	7
2.1.1	Objectifs de restauration	7
2.1.2	Caractérisation des conditions initiales du site à restaurer	7
2.1.3	Caractérisation de l'écosystème de référence	8
2.1.4	Inventaire des ressources	8
2.1.5	Élaboration du plan de restauration.....	8
2.2	Préparation du site	8
2.3	Récolte des plantes.....	12
2.3.1	Récolte au site donneur	12
2.3.2	Production de diaspores	13
2.3.3	Transplantation de plants et de rhizomes.....	14
2.4	Épandage et introduction de matériel végétal.....	17
2.4.1	Épandage mécanique.....	17
2.4.2	Plantations	17
2.4.3	Semis in situ	18
2.5	Épandage de la paille	18
2.6	Fertilisation	19
2.7	Blocage des canaux de drainage.....	19
2.8	Suivi de la restauration	20
2.8.1	Végétation.....	20
2.8.2	Hydrologie.....	21
2.8.3	Érosion	22

Annexe A Fiches d'information sur la production d'espèces typiques des fens

Annexe B Fiches d'inventaire de la végétation

Annexe C Protocole de fabrication des fagots pour le contrôle de l'érosion

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques distinguant les tourbières minérotrophes et ombrotrophes.....	1
Tableau 2 : Quatre méthodes de prévention et de contrôle de l'érosion.....	10
Tableau 3 : Résultat de l'établissement des plantes vasculaires	13
Tableau 4 : Méthode de production de plants d'espèces typiques des fens en serre.....	15
Tableau 5 : Espèces vasculaires introduites <i>in situ</i> à Bic–Saint-Fabien en juillet 2013.....	18
Tableau 6 : Recommandation de suivis minimaux suivant la restauration de tourbières	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principales considérations pour adapter la méthode de restauration	6
Figure 2 : Utilisation de fagots de <i>Spiraea latifolia</i> pour stabiliser un andain.....	11
Figure 3 : Installation de bassins de culture de mousses brunes à Bic–Saint-Fabien.....	14
Figure 4 : Introduction de végétaux à Bic–Saint-Fabien.....	17
Figure 5: Disposition des quadrats pour l'inventaire de la végétation	21

GLOSSAIRE

Carex : Plantes herbacées de la famille des cypéracées; genre comprenant de nombreuses espèces. Les *Carex* composent une large part de la végétation vasculaire des fens.

Écosystème de référence : Concept en écologie qui réfère à un véritable écosystème (un milieu naturel adjacent) ou d'une représentation plus théorique (la somme de la caractérisation de plusieurs écosystèmes) servant de modèle afin de définir les objectifs d'un projet de restauration puis à leur évaluation¹.

Mousses brunes : Les principales espèces de bryophytes trouvées dans les fens contribuant à l'accumulation de la tourbe et appartenant à la famille des Amblystegiaceae. À titre d'exemple, les genres *Campylium* et *Drepanocladus* font partie des mousses brunes.

Soulèvement gélival : Phénomène causé par le gel de l'eau, qui forme des aiguilles de glace à la surface du sol. Les jeunes végétaux sont particulièrement sensibles à ce phénomène puisqu'ils sont ainsi déracinés et meurent par dessiccation.

Transfert muscinal : Appellation courte de la « Méthode de restauration par transfert du tapis muscinal » développée par le GRET pour la réhabilitation des bogs, largement décrite dans le Guide de restauration des tourbières².

¹ Adapté de la définition officielle de la Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International, [En ligne] [www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration#6].

² Quinty, F., Rochefort, L. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e éd. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec. 119 p. [En ligne] [www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf]

1. INTRODUCTION

1.1 Définition et importance des tourbières

Les tourbières sont des milieux humides où l'accumulation de matériel végétal peu décomposé (aussi appelé « matière organique ») surpasse la quantité de matière qui se décompose annuellement. La matière organique s'accumule lentement (moins de 1 mm par année) et, après plusieurs millénaires, forme des dépôts de tourbe qui peuvent atteindre plusieurs mètres. Une grande quantité de carbone est séquestrée à une échelle géologique dans ces dépôts. En effet, bien que les tourbières ne couvrent que 3 % de la surface de la Terre, il est estimé qu'elles contiennent de 15 à 30 % du carbone terrestre mondial. Outre l'importance des tourbières au niveau de séquestration du carbone, elles constituent un habitat supportant une flore et une faune diversifiées, dont une partie est spécifiquement adaptée à des conditions nutritives très pauvres (p. ex. : plantes carnivores). Les tourbières jouent aussi un rôle primordial dans la filtration de l'eau, le contrôle des inondations et la recharge des nappes souterraines (selon leur position dans le bassin versant).

Au Canada, on distingue deux grands types de tourbières en fonction de leur alimentation en eau : les tourbières ombrotrophes (bogs) et les tourbières minérotrophes (fens). Le Tableau 1 présente les principales différences entre les deux écosystèmes.

Tableau 1 : Caractéristiques distinguant les tourbières minérotrophes et ombrotrophes

	Tourbière ombrotrophe (bog)	Tourbière minérotrophe (fen)
Alimentation en eau	Provient uniquement des précipitations.	Provient des eaux de ruissellement de surface ou souterraines, des milieux riverains et/ou des précipitations.
Éléments minéraux (Ca, Mg)	Ca: < 3 mg/L Mg: < 1 mg/L	Ca: > 3 mg/L Mg: > 1 mg/L
pH	< 5,5	> 5,5
Conductivité	<100 microsiemens	>120 microsiemens
Communautés végétales	Sphaignes, éricacées et épinettes noires	Cypéracées, saules et mousses brunes

Au cours de son histoire, il n'est pas rare qu'une tourbière débute son développement en tant que fen. Au fur et à mesure que la matière organique s'accumule et que le dépôt de tourbe s'épaissit, la végétation en surface se trouve graduellement isolée de l'apport en eau de ruissellement enrichie en éléments minéraux. En raison de la diminution de cet enrichissement en cations de base (Ca, Mg, K, Na) pour les végétaux et de l'augmentation de l'acidité, les cypéracées et les mousses brunes sont remplacées par des sphaignes. Dans les bogs, la tourbe située en profondeur possède donc souvent des caractéristiques différentes (plus riche et moins acide) que la tourbe de sphaigne située dans la partie supérieure du dépôt.

1.2 La restauration des tourbières

En Amérique du Nord, la récolte de la tourbe vise principalement la production de substrat horticole. La tourbe de sphaigne possède les caractéristiques les plus intéressantes pour cet usage, tous matériaux confondus. Pour permettre les activités industrielles d'extraction de la tourbe, les tourbières naturelles sont drainées et la végétation est retirée. Les activités d'extraction cessent généralement lorsque la qualité de la tourbe n'est plus adéquate pour les usages horticoles ou lorsque des impuretés sont présentes (sol minéral). Normalement, l'épaisseur de la tourbe qui demeure sur le site à la fin des activités d'extraction est supérieure à un mètre, avec bien souvent une couche résiduelle de tourbe de sphaigne. En raison de l'acidité et de la pauvreté du sol, ainsi que de la présence de canaux de drainage toujours actifs qui modifient considérablement l'hydrologie du site, la revégétalisation par des espèces typiques peut être difficile et nécessiter plusieurs décennies.

1.2.1 Restauration des tourbières ombrotrophes

Le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET), en collaboration avec l'industrie canadienne de tourbe horticole et différentes instances gouvernementales, a développé une technique de restauration des tourbières à sphaignes à grande échelle appelée la technique de transfert du tapis muscinal (ou plus courtement : transfert muscinal). Cette méthode de restauration a pour but le retour, à la suite des activités industrielles, d'un écosystème accumulateur de tourbe dominé par les sphaignes. Cette technique comprend huit étapes :

1. **Planification** de la restauration : détermination des objectifs, caractérisation du site à restaurer, évaluation du budget;
2. **Préparation** du site : terrassement, construction d'andains et de digues;
3. **Récolte des plantes** dans une tourbière naturelle;
4. **Épandage et introduction du matériel végétal**;
5. **Épandage de la paille** : à un taux de 3 000 kg/ha;
6. **Fertilisation** phosphatée;
7. **Blocage des canaux de drainage** avec des barrages construits avec de la tourbe humide bien décomposée;
8. **Suivi du succès de la restauration.**

Ces étapes, relativement communes à tout projet de restauration en tourbière, sont présentées en détail dans le Guide de restauration des tourbières³ publié en 2003 par l'Association canadienne de mousse de sphaigne et le ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Depuis 20 ans, plusieurs études à long terme ont démontré le succès de la technique, autant pour l'établissement d'une communauté végétale dominée par les sphaignes que pour le retour de la fonction d'accumulation du carbone. Un suivi pancanadien des tourbières restaurées est d'ailleurs réalisé par le GRET sur tous les sites restaurés par l'industrie de la tourbe selon la méthode de restauration élaborée par le groupe de recherche. Des

³ Quinty, F., Rochefort, L. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e éd. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec. 119 p. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrerecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrerecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf)

données sur les caractéristiques des tourbières et le rétablissement de la végétation sont recueillies annuellement selon un protocole précis. Au total, plus de 500 parcelles permanentes installées dans cinq provinces canadiennes sont inventoriées dans le cadre de ce suivi, et ce, depuis près de 20 ans. Les banques de données mises sur pieds dans le cadre du suivi ont donné lieu à plusieurs projets de recherche et publications, dont un article mettant en lumière pour une première fois les facteurs influençant le succès des travaux de restauration⁴.

1.2.2 Restauration des tourbières minérotrophes

En raison de techniques d'extraction industrielles plus efficaces, du type de matériel récolté ou encore de la configuration des tourbières, il advient que la tourbe de fen sous-jacente à celle de bog soit exposée. Lors de l'arrêt des activités d'extraction sur le site, la tourbe résiduelle de surface est alors une tourbe de carex, plus riche en éléments minéraux et moins acide que la tourbe de sphaigne. Dans ce cas, les objectifs de la restauration doivent être révisés, car les conditions ne sont pas adéquates pour l'établissement de la sphaigne et le retour d'une tourbière ombrotrophe. Le rétablissement d'une communauté végétale typique de fens, dominée par les mousses brunes et les carex, est alors plus approprié.

Bien qu'il existe de nombreuses similarités entre les bogs et les fens (épaisseur du dépôt organique, certains aspects de l'hydrologie), la technique de restauration développée pour les bogs doit être adaptée et modifiée dans le contexte d'un fen. Les différences liées au drainage, aux caractéristiques physicochimiques de la tourbe résiduelle et aux communautés végétales visées doivent être prises en compte.

D'abord, les patrons de circulation de l'eau dans les bogs sont beaucoup moins complexes que ceux des fens. Ces derniers sont alimentés en eau non seulement par les précipitations atmosphériques, mais également par les eaux de ruissellement de surface ou souterraines. La surface du sol peut donc être plus sujette à l'érosion, particulièrement lorsqu'elle est dénuée de végétation, comme c'est souvent le cas dans le cadre de travaux de restauration. La préparation du site doit donc tenir compte du risque d'érosion accru et inclure la mise en place de structures pour la contrôler.

Ensuite, la tourbe de carex est plus riche et moins acide, des facteurs qui favorisent une colonisation rapide des plantes pionnières à la suite de l'arrêt des activités d'extraction de la tourbe. La colonisation initiale du site à restaurer doit donc être étudiée lors de la planification de la restauration des fens. Certaines espèces de tourbières peuvent avoir recolonisé spontanément le site, mais des plantes rudérales, envahissantes ou indésirables peuvent aussi former des couverts végétaux importants. Le délai entre les opérations de préparation du site et d'introduction de matériel végétal doit idéalement être réduit au minimum pour éviter la colonisation par les espèces indésirables. Pour les mêmes raisons, le dosage du fertilisant doit être soigneusement respecté.

Enfin, la restauration d'un fen vise le retour d'une communauté végétale composée non seulement d'une strate muscinale (mousses brunes) importante, mais aussi de cypéracées. Si les essais réalisés récemment ont mené au rétablissement de certaines espèces, d'autres semblent

⁴ Gonzalez, E., Rochefort, L. 2014. Drivers of success in 53 cutover bogs restored by a moss layer transfer technique. *Ecological Engineering* 68: 279-290. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_Rochefort_EcolEngin_2014.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_Rochefort_EcolEngin_2014.pdf)

récalcitrantes à la réintroduction mécanisée (épandage de fragments à la surface par la machinerie). C'est entre autres le cas avec certains *Carex* ainsi que d'autres espèces nécessitant des conditions spécifiques pour s'établir. La réintroduction de ces espèces peut donc requérir des actions supplémentaires telles que la production de plants ou la transplantation à partir d'un site donneur naturel.

Précision : Transfert de la couche de surface du sol

Contrairement à la méthode par transfert de la couche muscinale pour les bogs, la restauration des fens ne repose pas sur la récolte et l'épandage de la surface de la strate muscinale des sites donneurs. Les essais réalisés par le GRET ont révélé que seule une partie du matériel végétal transféré mécaniquement réussit à s'établir efficacement. Alors que certaines plantes graminoides semblent favorisées par cette méthode, les mousses sont récalcitrantes au transfert mécanique. Le choix du matériel à utiliser (et donc, du site donneur) devrait par conséquent viser la couche de surface du sol où se trouvent les diaspores de graminoides, tout en récoltant, lorsque possible, les mousses qui s'y trouvent. Pour ce faire, il s'agit de récolter les cinq (5) premiers centimètres de matériel végétal à la surface du sol. Une récolte de cette épaisseur limite aussi une perturbation excessive du site donneur et facilite donc son rétablissement. Les communautés végétales qui ne sont pas favorisées par la méthode de transfert de la couche de surface du sol sont celles se reproduisant par rhizomes, puisque ceux-ci sont retenus plus profondément dans le sol. La récolte et le transplant de segments de rhizomes permet toutefois de réintroduire ces espèces avec succès.

1.3 Objectifs et structure du guide

Ce guide représente un premier « état des connaissances » sur la restauration des tourbières minérotrophes au Québec. Il vise à résumer les connaissances acquises lors des travaux de restauration des tourbières de Bic-Saint-Fabien (BSF) et de Saint-Fabien-sur-Mer (SFSM), dans le Bas-Saint-Laurent. Ces projets commencés en 2008 sont les premiers essais de restauration de fen à l'échelle de l'écosystème au Canada. Les résultats présentés sont donc une première ébauche et sont appelés à être bonifiés au fur et à mesure que d'autres projets de recherche verront le jour.

Le guide présente les modifications ou adaptations qui doivent être apportées à la technique de transfert du tapis muscinal utilisée pour restaurer les bogs. Il doit donc être utilisé de façon complémentaire au Guide de restauration des tourbières (Quinty et Rochefort 2003⁵), puisqu'il ne fournit pas en détail toutes les étapes de la restauration. Toutefois, les éléments supplémentaires à considérer lors de la restauration d'un fen sont présentés pour chacune des étapes et des considérations techniques sont discutées. Le Guide de restauration des tourbières de Quinty et Rochefort (2003) présente les concepts généraux devant être respectés, tandis que le présent document précise les considérations additionnelles à prendre en compte lors de la planification et la réalisation de travaux de restauration des tourbières minérotrophes. Un récapitulatif des principaux éléments est présenté à la Figure 1.

⁵ Quinty, F., Rochefort, L. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e éd. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec. 119 p. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf)

La majorité des projets de recherche portant sur la restauration des fens a été réalisée à la tourbière de Bic–Saint-Fabien depuis 2008. Cette tourbière sera utilisée dans le guide comme étude de cas et les exemples référeront principalement aux écosystèmes précis trouvés dans cette région. L’information présentée est toutefois applicable partout dans le Québec méridional et peut être adaptée à toutes les régions à la condition de d’abord bien caractériser les écosystèmes qui les composent.

À la suite de la présentation des étapes de la restauration, le lecteur trouvera dans l’Annexe A des informations sous forme de fiches sur plusieurs espèces de plantes vasculaires et de mousses jugées utiles en restauration de fens. L’Annexe B fournit quant à elle des feuilles d’inventaire utiles au suivi de l’évolution des sites restaurés et permettant d’en valider la trajectoire écologique une fois les travaux complétés. L’Annexe C présente le protocole de construction de fagots servant au contrôle de l’érosion sur tourbe lorsque nécessaire.

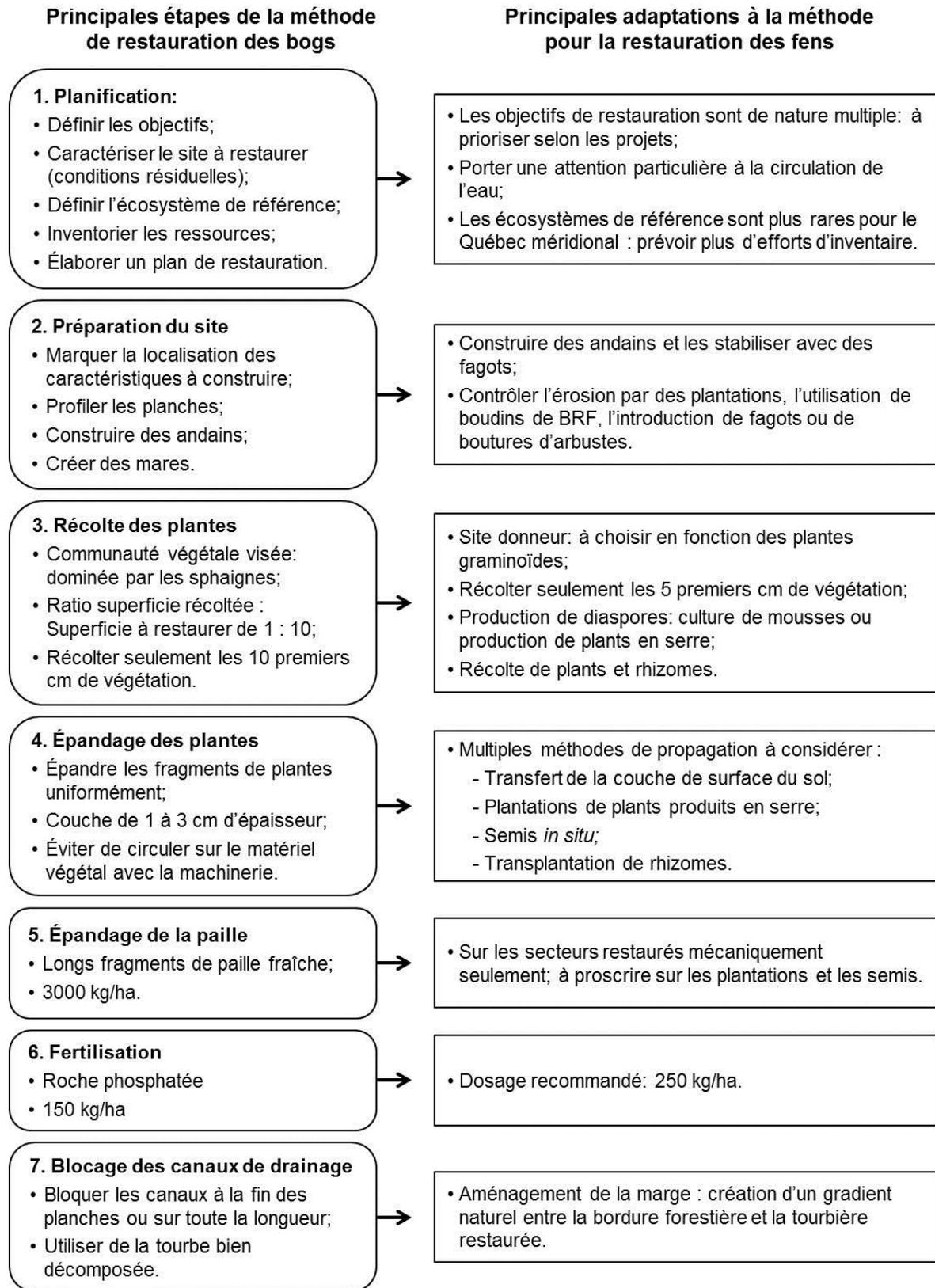


Figure 1 : Principales considérations pour adapter la méthode de restauration des bogs aux fens.

2 DÉVELOPPEMENT D'UNE MÉTHODE SPÉCIFIQUE À LA RESTAURATION DES FENS

2.1 Planification de la restauration

La planification est l'élément clé de tout projet de restauration. Dans le cas des fens, une attention particulière devra être accordée à l'acquisition de connaissances sur les conditions pré-restauration du site.

2.1.1 Objectifs de restauration

Le but de la restauration doit être clairement défini. Les trois objectifs de la restauration de fens sont généralement :

- le retour d'un écosystème accumulateur de tourbe (optique de captation du carbone);
- la revégétalisation d'un site afin d'en stabiliser la surface;
- le retour des fonctions écosystémiques et de la biodiversité.

La priorisation d'un objectif ou des objectifs dépendra du contexte du site à restaurer selon les intervenants impliqués dans le projet.

2.1.2 Caractérisation des conditions initiales du site à restaurer

Pour déterminer la marche à suivre afin d'atteindre les buts de restauration définis plus tôt, il importe de connaître les conditions résiduelles post-extraction du site. Comme les fens sont généralement plus hétérogènes que les bogs, il importe de prendre plusieurs mesures et échantillons à travers le site. La précision de l'échantillonnage influencera grandement les résultats des travaux. Une description détaillée accompagnée d'une cartographie précise des principaux éléments devrait s'assurer de présenter :

- Les conditions hydrologiques du site :
 - état des canaux de drainage (actifs ou non);
 - profondeur de la nappe phréatique;
 - zones de ruissellement, d'accumulation d'eau, d'érosion ou de déposition de matériel.
- Des relevés topographiques (à l'aide d'un niveau laser; une attention particulière doit être apportée aux zones de pentes).
- Les caractéristiques de la tourbe :
 - pH, conductivité électrique;
 - concentration en calcium (Ca);
 - taux de décomposition (échelle Von Post) et identification du type de tourbe (à sphaignes ou à carex).
- La végétation existante :
 - principaux types de communautés végétales;
 - présence d'espèces envahissantes ou indésirables;
 - présence de plantes rares;
 - type d'occupation du sol et influence possible des secteurs adjacents.

2.1.3 Caractérisation de l'écosystème de référence

L'écosystème de référence est un concept, en écologie, qui réfère à un véritable écosystème (un milieu naturel adjacent) ou d'une représentation plus théorique (la somme de la caractérisation de plusieurs écosystèmes). Il importe de définir une telle référence écologique qui servira de modèle pour les objectifs de restauration. Pour ce faire, il est nécessaire d'acquérir des connaissances sur les écosystèmes de fens présents dans la région où les travaux ont lieu. Lorsque disponibles, des listes des plantes rencontrées dans les fens naturels fournissent des informations quant aux espèces qui devraient se trouver dans le milieu restauré. Sinon, des inventaires peuvent être conduits afin de dresser une liste des communautés végétales communes de la région. La caractérisation du substrat (pH, chimie) et des conditions hydrologiques des fens naturels serviront aussi à peaufiner le portrait de l'écosystème de référence.

2.1.4 Inventaire des ressources

Un bilan des ressources matérielles et financières disponibles doit aussi être dressé afin d'évaluer les possibilités de restauration et de planifier les activités à réaliser.

2.1.5 Élaboration du plan de restauration

Les renseignements recueillis lors de la caractérisation serviront à définir le plan de restauration. Selon l'objectif de restauration à atteindre, celui-ci peut viser une restauration homogène à grande échelle, inclure le recours à plusieurs méthodes de restauration afin de créer une mosaïque de milieux de tourbière (transfert de la couche de surface du sol, îlots ombrotrophes, conservation de la végétation en place, remouillage seulement, zones de plantations intensives...) ou encore incorporer des éléments précis sur le site (construction de mares, plantation d'arbustes à petits fruits, création d'habitats fauniques, aquatiques...). Le défi du plan de restauration consiste à faire coïncider les objectifs de restauration visés, les conditions initiales du terrain et les ressources disponibles.

2.2 Préparation du site

Les fens sont particulièrement sujets à être colonisés spontanément par des communautés végétales composées d'espèces typiques des tourbières ou non. Règle générale, la restauration des terrains tôt après la cessation des activités industrielles d'extraction de la tourbe facilite grandement la préparation du site et, éventuellement, l'établissement des communautés végétales ciblées. Le hersage régulier pendant la période entre l'arrêt des activités industrielles et la restauration contribue aussi à limiter la recolonisation par des espèces envahissantes et indésirables, ce qui évite de devoir entreprendre des actions de contrôle et d'éradication. Dans le cas de sites déjà revégétalisés par des espèces de fen, certains secteurs du site peuvent être laissés intacts de façon à conserver la végétation existante. Celle-ci pourra servir de banque de graines afin d'initier la recolonisation une fois la surface du sol préparée, ou encore servir à la circulation de la machinerie là où la portance du sol ne le permet pas lors des travaux de restauration. D'autres secteurs, revégétalisés spontanément par des espèces non désirables ou encore dénués de végétation, seront préparés (nivelés), selon le plan de restauration déterminé.

Par ailleurs, les fens sont, par définition, des tourbières où les apports d'eau se font par ruissellement. La surface des tourbières résiduelles sans végétation s'incise facilement, ce qui peut causer le ravinement et la déposition de matériel à certains endroits. Afin de limiter au maximum les risques d'érosion, une attention particulière doit être portée à la gestion des apports en eau et des pentes sur les sites à restaurer. Une étude attentive de l'élévation du sol (par des relevés topographiques) et des directions d'écoulement doit être intégrée à la planification de la restauration. Si la configuration d'un site est telle que d'importantes sources d'eau en amont doivent circuler à travers le fen à restaurer, le but de la restauration hydrologique sera d'y retenir l'eau le plus possible afin d'assurer un remouillage adéquat. Tout comme dans les bogs, il est recommandé de construire des andains à tous les 30 cm de dénivellation. Ceux-ci doivent être construits en largeur plutôt qu'en hauteur afin de s'assurer de leur stabilité et de leur résistance. Il importe toutefois d'aménager des voies privilégiées d'écoulement de l'eau : des andains devront être construits en incluant des segments plus élevés où il y aura rétention de l'eau, et d'autres plus bas qui en faciliteront la circulation. L'eau pourra alors, par exemple, traverser des fagots (voir Tableau 2) partiellement perméables ou des zones végétalisées résistantes à la puissance de l'écoulement de l'eau. En général, il s'agit de retarder l'évacuation de l'eau à l'extérieur de la tourbière à restaurer en ralentissant son écoulement tout en limitant le ravinement. Malgré ces précautions, il arrive toutefois que des problèmes d'érosion surviennent, causés par le ruissellement ou les précipitations sur le site. Parmi les méthodes expérimentées au cours des dernières années, quatre se sont révélées efficaces, à différentes conditions, pour contrôler et remédier à l'érosion dans les fens (voir le Tableau 2).

Tableau 2 : Quatre méthodes de prévention et de contrôle de l'érosion

La plantation d'herbacées

L'introduction d'herbacées (p. ex. de grandes cypéracées), exécutée à titre préventif ou dans des secteurs de ruissellement léger, permet de ralentir la circulation de l'eau dans les zones sans pente. Une attention doit être portée et des tests doivent être réalisés afin de choisir des espèces bien adaptées à l'intensité de l'érosion et au débit d'eau. Les plantes peuvent être introduites en amont et en aval de la zone érodée afin de maximiser l'effet de diversion du ruissellement. Le *Carex aquatilis* est particulièrement recommandé pour cet usage.



L'installation de boudins de bois raméal fragmenté (BRF)

Les boudins de BRF sont des matériaux couramment employés dans le domaine de la construction de routes. Utilisés en tourbière, ils peuvent colmater les brèches dans les andains et les renforcer efficacement. Toutefois, leur effet est temporaire puisqu'ils durent au maximum une ou deux saisons avant de se désintégrer. En les utilisant avec d'autres techniques (notamment de végétalisation), ils deviennent toutefois beaucoup plus efficaces, car les végétaux ont le temps de bien s'établir avant la désintégration des boudins pour stabiliser le sol et empêcher l'érosion autour et sous les boudins. L'idée ici est d'utiliser ce type de structure pour retenir une certaine quantité d'eau dans la tourbière, mais pas nécessairement de rendre les andains complètement étanches.



L'introduction de fagots de branches d'arbustes et d'arbres

Les fagots peuvent être utilisés afin de créer des obstacles ralentissant l'eau dans les secteurs où l'érosion est causée par la pente ou encore pour stabiliser les andains sujets à se perforer par l'effet de l'eau. Dans les deux cas, ils peuvent être installés à titre préventif (lors des travaux de restauration) ou afin de corriger des problèmes ultérieurs. Les fagots permettent aussi de réintroduire des espèces typiques dans les fens. Le *Spiraea latifolia* et le *Salix* sp. sont particulièrement recommandés. Pour plus de détails, consulter le protocole de fabrication des fagots à l'Annexe C.



L'introduction de boutures d'arbustes

L'introduction de tiges d'arbustes vise à créer des obstacles ralentissant l'eau et à faire en sorte qu'elle s'écoule horizontalement plutôt que de façon rapide en incisant la surface du sol. Cette méthode est efficace dans des secteurs où les incisions sont peu profondes et où la déposition de matériel se fait en aval de la zone érodée. Cette technique présente des résultats variables (notamment dans les secteurs sujets au soulèvement gélival), mais elle contribue généralement à ralentir considérablement la circulation rapide de l'eau et à stabiliser le sol en stoppant le transport de matériel. Le *Myrica gale* est une espèce à considérer pour cet usage.



La stabilisation des andains eux-mêmes, par végétalisation, est aussi conseillée. Une méthode efficace pour le faire est de disposer des fagots de branches d'arbres ou d'arbustes à la base des andains (Figure 2; voir le protocole de fabrication présenté à l'Annexe C). Les fagots prendront éventuellement racine et stabiliseront les andains en les protégeant de la circulation de l'eau. Parmi les espèces testées, le *Spiraea latifolia* et le *Salix* sp. s'établissent particulièrement bien de cette façon. Cette étape peut être réalisée lors des travaux de restauration ou encore comme mesure correctrice au besoin. Cette technique présente aussi les avantages d'introduire des espèces typiques des fens dans la tourbière, de façon relativement simple et peu coûteuse. À l'inverse, il n'est pas recommandé d'effectuer des plantations d'arbustes sur les andains. La porosité de ceux-ci (le matériel remanié y demeure relativement meuble) et leur exposition au vent et au gel pendant l'hiver (certains andains sont balayés par le vent et ne sont donc pas couverts de neige pendant la période hivernale) ne permettent pas aux plants de survivre et de s'établir.



Figure 2 : Utilisation de fagots de *Spiraea latifolia* pour stabiliser un andain.

En résumé :

- Quatre techniques ont été testées pour ralentir l'écoulement de l'eau et contrôler l'érosion potentielle associée au ruissellement dans les fens à restaurer. Elles sont présentées au Tableau 2.
- Il est déconseillé de réaliser des plantations sur les andains servant à remouiller le site, car la tourbe remaniée n'est pas propice à la survie des plantes.
- En contrepartie, la pose de fagots à la base des andains permet d'introduire rapidement des espèces stabilisatrices et ils servent aussi de noyaux de recolonisation.

2.3 Récolte des plantes

2.3.1 Récolte au site donneur

Les communautés végétales qui composent les fens sont plus diversifiées que celles des bogs et il importe de reproduire cette diversité lors de l'introduction de matériel végétal dans les sites à restaurer.

Le choix de la communauté de plantes vasculaires à réintroduire lors de la restauration devrait tenir compte du but de la restauration et de la composition de l'écosystème de référence. La sélection du site donneur (tourbière naturelle) doit ensuite être réalisée en fonction, tout d'abord, des communautés de plantes graminoides présentes plutôt que des communautés muscinales. En effet, les premiers essais à grande échelle de la technique mécanisée ont démontré un établissement quasiment nul des mousses brunes, alors que ces dernières s'établissent généralement avec succès lorsqu'implantées à la main. Des études plus poussées sont donc requises pour comprendre l'impact de la mécanisation sur le succès d'établissement des mousses. C'est pourquoi, à ce stade-ci de nos connaissances, il est préférable de miser sur la réintroduction des plantes graminoides lors de restauration à grande échelle. Afin de limiter les perturbations dans la tourbière naturelle et de favoriser sa régénération naturelle, le matériel végétal devrait être récolté sur une profondeur ne dépassant pas 5 cm. Le délai entre la récolte du matériel et son épandage devrait être limité au minimum afin d'éviter le dessèchement du matériel.

À titre indicatif, le Tableau 3 présente les espèces de plantes vasculaires qui se sont établies avec ou sans succès à la suite du premier essai mécanisé sur cinq hectares par transfert de la couche de surface du sol à Bic-Saint-Fabien. Les espèces qui ne sont pas mentionnées dans ce tableau étaient absentes ou très peu abondantes dans le site donneur.

Tableau 3 : Résultat de l'établissement des plantes vasculaires présentes dans le site donneur pour le premier essai de restauration de fen à l'aide de la technique de transfert de la couche de surface du sol.

Établissement	Espèces		
Succès	<i>Myrica gale</i>	<i>Sanguisorba canadensis</i>	<i>Trichophorum alpinum</i>
Échec	<i>Carex aquatilis</i>	<i>Carex lasiocarpa</i>	<i>Carex flava</i>

La récolte de diaspores devrait être effectuée dans une tourbière située le plus près que possible géographiquement du site à restaurer. Il est aussi primordial de s'assurer qu'aucune espèce indésirable ne soit présente dans le lieu de récolte du matériel végétal pour éviter la propagation de ces dernières dans le site à restaurer. Pour la restauration de tourbières, les quenouilles (*Typha* sp.) sont considérées comme des espèces non désirables puisqu'elles ne sont pas naturellement présentes dans les tourbières. Une attention particulière doit également être portée à éviter la propagation du roseau commun (*Phragmites australis*), une espèce envahissante dans les milieux humides.

2.3.2 Production de diaspores

Il advient que la diversité en espèces de fen du site donneur soit insuffisante ou que certaines espèces recherchées ne soient pas favorisées par la méthode de transfert de la couche muscinale de végétation. Il est aussi possible que les fens naturels pouvant constituer de potentiels sites donneurs soient inaccessibles ou de superficie restreinte, ne permettant pas de fournir tout le matériel végétal nécessaire aux besoins de la restauration. De plus, certains objectifs de restauration peuvent cibler des espèces précises (pour la création d'un habitat faunique spécifique, par exemple), sous statut de conservation ou non disponibles dans une région donnée. Pour ces raisons, la production de diaspores peut constituer une option intéressante dans le cadre de certains projets de restauration. Cette méthode nécessite certes, plus de temps, de même que des ressources financières et matérielles plus importantes que la récolte usuelle de matériel dans un site donneur, mais elle garantit la disponibilité de propagules spécifiques et facilite l'établissement de plusieurs espèces autrement récalcitrantes au transfert mécanique.

Production de mousses brunes

Les bryophytes peuvent être produites à même le site à restaurer en construisant des bassins de culture (Figure 3). La méthode de production consiste à prélever une petite quantité de bryophytes d'un site naturel et à les ensemercer dans des bassins leur fournissant des conditions idéales de croissance (contrôle de la hauteur de la nappe phréatique, protection des diaspores par un couvert de paille, etc.). Cette option est particulièrement efficace lorsque de grandes quantités ou des espèces particulières de mousses sont nécessaires pour un usage précis. Les bassins peuvent être installés dans les sites où plusieurs secteurs devront être restaurés au fil des années et servir de source continue de matériel lorsque les besoins se présenteront. Leur création peut être définie longtemps à l'avance et être intégrée aux séquences d'ouverture, de fermeture et de restauration de différents secteurs de tourbière.



Figure 3 : Installation de bassins de culture de mousses brunes à la tourbière de Bic-Saint-Fabien.

Production de plantes vasculaires en serre

Dans le cas des espèces vasculaires, la production de plants est une autre avenue à la récolte dans un site donneur afin de garantir l'établissement de communautés végétales précises. L'achat de plants en pépinière peut s'avérer efficace, mais la plupart des espèces des fens ne sont pas disponibles de façon commerciale. Les méthodes de production peaufinées par le GRET consistent à récolter de grandes quantités de semences des espèces ciblées dans des tourbières naturelles avant de les réintroduire par semis sur le site à restaurer ou encore de les faire germer en serre avant de les planter sur le site en restauration. Une procédure générale de production de plants a été élaborée pour produire les plants en serre (voir le Tableau 4). De plus, des particularités doivent être prises en considération pour la production de certaines espèces; elles sont présentées dans les fiches de l'Annexe A.

2.3.3 Transplantation de plants et de rhizomes

Une autre possibilité est la récolte et la transplantation de rhizomes et de plants entiers pour une revégétalisation relativement rapide. En évitant la production en serre, une série d'étapes et de manipulations sont retirées. Toutefois, une bonne connaissance des espèces et du milieu naturel où elles peuvent être collectées s'impose.

Règle générale, les rhizomes peuvent être récoltés en de longs segments, puis taillés en sections d'une dizaine de centimètres avant d'être enfouis dans le sol à une dizaine de centimètres de profondeur. Cette méthode s'est révélée efficace à la tourbière de Bic-Saint-Fabien pour certains scirpes (*Schoenoplectus validus*, *S. acutus*). De leur côté, certains *Carex* (entre autres le *C. aquatilis* et le *C. lasiocarpa*) répondent particulièrement bien au repiquage de plants entiers.

Tableau 4 : Méthode générale de production de plants d'espèces typiques des fens en serre

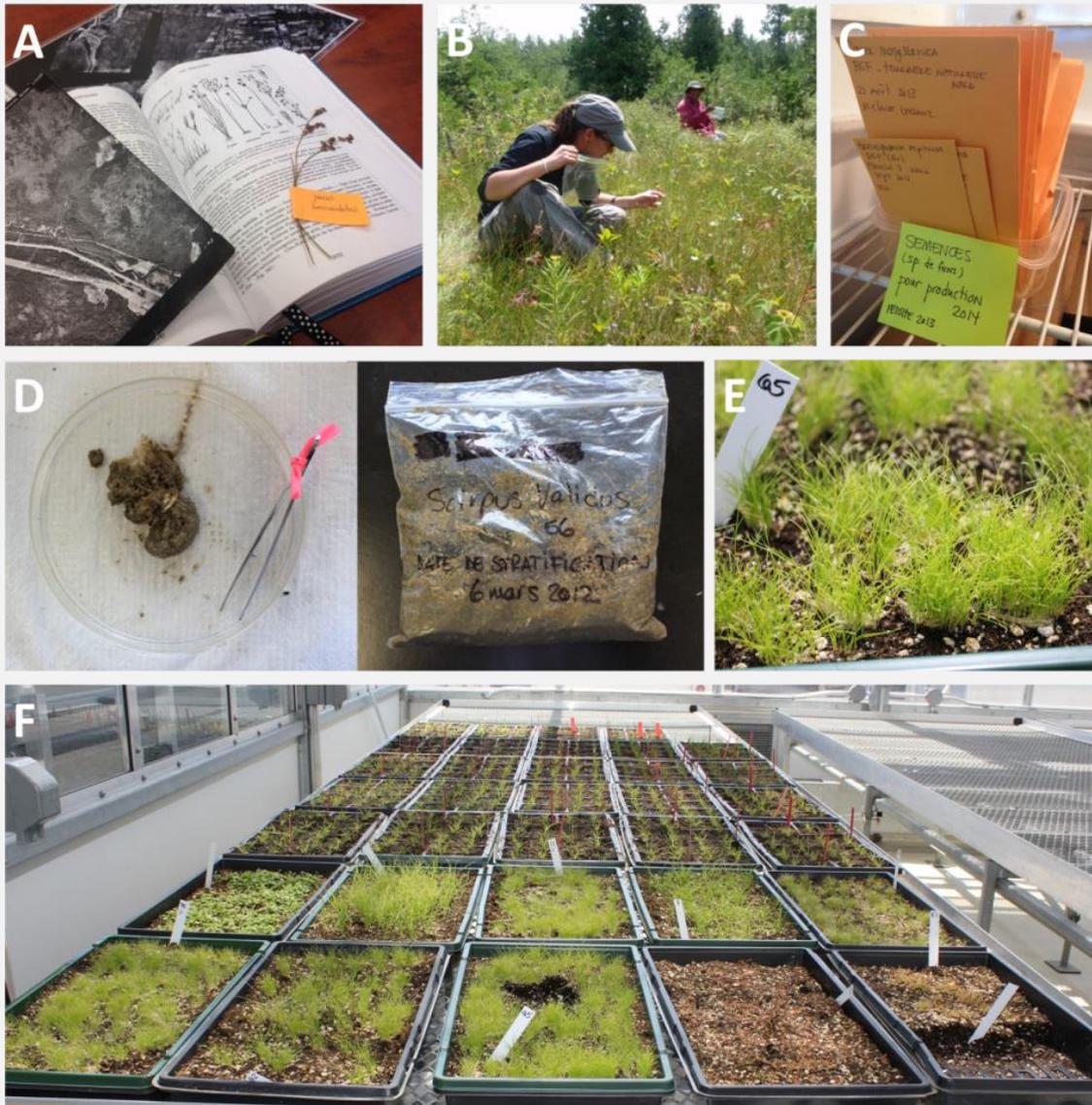
<p>A) Planification et préparation de la récolte</p> <p>L'identification des tourbières naturelles à visiter à l'aide de photographies aériennes et la réalisation d'inventaires des communautés végétales présentes permettent de dresser un calendrier de récolte. Rechercher les particularités des espèces ciblées et la période de maturité des graines dans la littérature (guides d'identification, herbiers, etc.). Plusieurs visites sont parfois nécessaires afin de connaître le moment optimal de récolte.</p>
<p>B) Récolte des graines</p> <p>Les graines des espèces ciblées sont récoltées dans des tourbières naturelles lorsqu'elles ont atteint leur maturité. Les graines matures sont sèches et se détachent facilement des plants. La récolte se fait par temps sec, en prenant soin de laisser une partie des semences sur les plants afin d'assurer la pérennité des communautés. La date et la localisation de chacune des cueillettes sont notées.</p>
<p>C) Séchage et entreposage</p> <p>Immédiatement après la récolte, les graines sont transférées dans des sacs ou des enveloppes de papier. Ceux-ci sont laissés entrouverts à l'air libre jusqu'à 3 semaines afin de faire sécher complètement les graines. Les graines sont séparées des capsules et les impuretés (tiges, branches, feuilles...) sont retirés. Les sacs/enveloppes sont refermés, identifiés et placés au réfrigérateur (environ 5 °C), au sec et à l'abri de la lumière (p. ex., dans une boîte).</p>
<p>D) Stratification</p> <p>La stratification consiste à lever la dormance des semences en leur faisant subir une période de refroidissement. Pour ce faire, les graines sont mélangées à du sable dans des sacs de plastique (de type Ziploc) identifiés. Le mélange est humidifié avec de l'eau déionisée de façon à ce qu'il soit saturé d'eau, mais qu'aucun surplus ne se forme à la surface ni au fond (ce qui pourrait entraîner la formation d'algues). Les sacs sont ensuite placés (entrouverts pour éviter la formation de moisissures) au réfrigérateur, à l'abri de la lumière. Règle générale, les graines devraient être entreposées pendant 90 jours à 3 °C. La durée et la température optimales de stratification peuvent varier selon les espèces : consulter l'Annexe A pour des détails. Aussi, il importe de prévoir à quelle date seront semées les graines afin d'initier la stratification au bon moment.</p> <p>Une variante de la méthode implique de faire tremper les semences les plus grosses dans de l'eau déionisée pendant 24 h avant de les mélanger au sable afin de s'assurer qu'elles sont bien humidifiées. Les semences peuvent aussi être regroupées dans des baluchons de coton-fromage avant de les placer dans le sable humide, ce qui facilite leur manipulation. La scarification des semences est aussi recommandée pour certaines espèces.</p>
<p>E) Semis en serre</p> <p>Une fois la durée de stratification écoulée, les graines sont prêtes à être semées en serre. Le semis peut se faire à la volée dans des plateaux; les plants devront alors être repiqués après quelques semaines. Cette option est préférable lorsque le taux de germination des graines est inconnu ou peu élevé, ou encore d'espèces pouvant être sensibles aux manipulations. Dans le cas de lots de semences au taux de germination élevé ou pour lesquelles les plants à produire peuvent contenir plusieurs tiges, une petite quantité de graines peut être semée directement dans des alvéoles. Il faut dans ce cas éclaircir les plants éventuellement. Dans les deux cas, le terreau à utiliser est un mélange de substrat de croissance industriel (pH ± 6, conductivité électrique ± 500 uS/cm) bien humidifié. Les plateaux et les caissettes troués sont placés dans des plateaux non troués de façon à limiter l'écoulement de l'eau hors des caissettes. Il ne doit toutefois pas y avoir d'accumulation d'eau dans les plateaux.</p> <p>Après le semis, les semences sont recouvertes d'une mince couche de substrat de croissance (± 3 mm). Le substrat doit ensuite être maintenu humide; des ombrières ou des dômes de plastique peuvent être utilisés pour diminuer l'évapotranspiration. L'usage de vermiculite est à proscrire pour éviter la prolifération des algues. Consulter la section 2.4.3 pour les instructions concernant la plantation directement sur le terrain.</p>

F) Croissance en serre et fertilisation

La croissance en serre doit suivre une photopériode semblable à celle du lieu où seront transplantés les plants. Pour les besoins de la restauration, la production de plants jeunes et vigoureux est préférable à celle de plants matures, qui sont plus difficiles à transporter et plus coûteux à produire. Chacun des plants peut compter plusieurs tiges. Le repotage final peut se faire dans des caissettes de pépiniéristes ou encore des caissettes forestières, deux formats pratiques pour la plantation.

Afin de faciliter le travail de plantation et l'établissement des plants, les végétaux produits doivent avoir une masse racinaire importante. La fertilisation doit être planifiée en conséquence, en suivant les procédures générales utilisées en pépinière et en ajustant les dosages tout au long de la croissance des plantes. En serre, de bons résultats ont été obtenus en alternant entre la fertilisation 10-52-10 et 20-8-20, en débutant à 50 ppm d'azote et en augmentant graduellement pendant la croissance des plantes.

Enfin, comme les semences proviennent de l'extérieur, la gestion des insectes et des parasites dans la serre doit être faite dès le semis et de façon continue. L'application d'une mince couche de sable à la surface des semis et des plants ainsi que le recours aux pièges adhésifs permettent de prévenir la prolifération d'insectes. Un programme de prévention biologique par l'utilisation de nématodes peut aussi être mis sur pieds dès l'arrivée des semis en serre.



2.4 Épandage et introduction de matériel végétal

2.4.1 Épandage mécanique

Une fois que le matériel végétal est récolté sur le site donneur, son épandage dans les fens suit la même méthode que pour les bogs. Il s'agit d'épandre mécaniquement le matériel déchiqueté à la surface du substrat exposé, en prenant soin de former une couche la plus mince et uniforme possible et de ne pas créer de roulières avec la machinerie. Cette étape doit être réalisée le plus tôt possible après la collecte du matériel afin d'éviter la dessiccation du matériel.

2.4.2 Plantations

Lorsque les plants produits en serre sont prêts à être transplantés sur le site de restauration, il est nécessaire de prévoir une période d'acclimatation de quelques jours pendant laquelle les plants seront laissés à l'extérieur dans leurs contenants. Les plants doivent alors être arrosés et protégés du soleil avant leur transplantation (Figure 4). La plantation des plants doit se faire assez tôt dans la saison pour permettre leur établissement sur le terrain, tout en évitant les périodes de gel.

Les végétaux devraient être plantés à environ 20-30 cm d'intervalle, en décalant légèrement chacun des rangs de façon à éviter de former des lignes droites qui pourraient favoriser le ruissellement rapide entre les plants. Certains projets de restauration pourraient préférer les plantations de façon désordonnée afin de créer un aspect plus naturel. Cette méthode complique toutefois le dénombrement des plants si un suivi doit être effectué. Les espèces plus volumineuses (certaines cypéracées par exemple) ou celles chez qui la reproduction asexuée est particulièrement efficace (c'est entre autres le cas du *Carex aquatilis*) peuvent être plus éloignées les unes des autres. Le dénombrement des plants introduits peut permettre le suivi du succès d'établissement, mais certaines espèces se reproduisent rapidement et il devient vite difficile de déterminer le nombre d'individus final. Les plantations effectuées autour des mares devraient être réalisées après avoir évalué les fluctuations du niveau d'eau, afin d'éviter que les espèces aquatiques ne soient introduites sur des zones trop élevées par rapport à la baisse de niveau d'eau que subira la mare durant les périodes sèches de l'été.



Figure 4 : Introduction de végétaux à Bic-Saint-Fabien . À gauche : acclimatation et entreposage des végétaux à l'extérieur, sous une bâche. À droite : plantations autour d'une mare.

2.4.3 Semis in situ

Une alternative à la production de plants en serre est de semer les graines stratifiées directement sur la zone à revégétaliser. Il s'agit évidemment d'une méthode plus rapide et économique que la production en serre, qui a fait ses preuves pour quelques espèces (voir Tableau 5). Il faut toutefois considérer qu'une fois semées, les graines sont exposées aux aléas de la nature (déplacement par le vent ou l'eau, perturbation par les animaux, risques de gel ou de sécheresse) et que les taux de germination peuvent être moins élevés qu'en serre. Cette méthode est recommandée lorsque de grandes quantités de graines sont disponibles ou pour l'utilisation de mélanges de semences sur de grandes surfaces. Par ailleurs, il faut noter que les semis *in situ* pourraient aussi être réalisés à l'automne avec des graines fraîchement cueillies, mais encore non stratifiées. Quoiqu'intéressante, cette méthode n'a toutefois pas encore été évaluée par le GRET et il n'est donc pas possible pour le moment d'émettre des recommandations à ce sujet.

Dans la tourbière, la surface à ensemercer doit être préparée en retirant la végétation existante et en exposant le substrat (il est aussi possible de semer dans des secteurs où du matériel végétal a déjà été épandu si les objectifs de restauration le prescrivent). Le mélange de graines et de sable (provenant de la stratification) doit ensuite être dispersé à la surface du sol, puis couvert d'une très fine couche (< 5 mm) de tourbe prélevée sur le site. La surface du sol est ensuite légèrement pressée afin de limiter le déplacement des graines par le vent ou l'eau. L'utilisation de paillis à la surface de la zone ensemençée est à proscrire. En effet, le paillis réduit l'accès des plantules à la lumière, ce qui nuit à leur établissement.

Tableau 5 : Espèces vasculaires introduites *in situ* à Bic-Saint-Fabien en juillet 2013. Celles en gras ont démontré une capacité de germination directe sur le terrain. Celles suivies d'un astérisque ont produit un nombre de plantules particulièrement élevé. Celles en caractère ordinaire ont été testées mais ont donné de piètres résultats.

<i>Calamagrostis canadensis</i>	<i>Carex leptalea*</i>	<i>Parnassia glauca</i>
<i>Caltha palustris</i>	<i>Carex magellanica*</i>	<i>Sarracenia purpurea</i>
<i>Carex aquatilis</i>	<i>Carex prairea*</i>	<i>Thalictrum pubescens*</i>
<i>Carex disperma</i>	<i>Conioselinum chinense</i>	<i>Trichophorum alpinum</i>
<i>Carex echinata*</i>	<i>Drosera rotundifolia</i>	<i>Trichophorum cespitosum</i>
<i>Carex flava*</i>	<i>Eriophorum viridicarinatum</i>	<i>Triglochin palustris</i>
<i>Carex lasiocarpa</i>	<i>Menyanthes trifoliata</i>	

2.5 Épandage de la paille

Tout comme pour la restauration des bogs, l'épandage d'un paillis protecteur de paille s'avère bénéfique pour l'établissement des plantes réintroduites par la méthode de transfert de la couche de surface du sol. En effet, le paillis contribue grandement à réduire les effets négatifs reliés au soulèvement gélival et à procurer un microclimat plus humide pour favoriser

spécifiquement la régénération des mousses. Le taux d'application de la paille en restauration des fens est le même que pour les bogs, c'est-à-dire 3 000 kg/ha. Un bon recouvrement de paille limitera l'effet du soulèvement gélival, l'un des principaux obstacles à l'établissement de la végétation (autant dans les secteurs où du matériel a été épandu qu'au sein des plantations). La seule contraindication à l'ajout de paille concerne les secteurs où des semis *in situ* ont été réalisés puisque cela peut nuire à la germination des graines et au développement des plantules.

2.6 Fertilisation

Une expérience menée à Bic-Saint-Fabien dans les secteurs restaurés par la technique de transfert muscinal a montré un effet positif de la fertilisation phosphatée sur l'établissement des plantes. Cet effet positif a été observé autant pour les plantes vasculaires que pour les mousses. L'ajout de phosphore a favorisé particulièrement la croissance du *Bryum pseudotriquetrum*, du *Trichophorum alpinum* et du *Scirpus cyperinus*.

La fertilisation phosphatée est donc recommandée puisqu'elle favorise l'établissement rapide de certaines plantes, qui en retour, peuvent contribuer à améliorer l'établissement des plantes introduites par une stabilisation du substrat et la réduction des effets négatifs du soulèvement gélival. Le fertilisant recommandé est la roche phosphatée (0-13-0) à dissolution lente. La forme granulaire se manipule mieux que celle en poudre et devrait donc être préférée. Le dosage recommandé est de 250 kg/ hectare. Règle générale, le fertilisant devrait être épandu pendant la période de croissance des végétaux (dans la plupart des sites au Canada, en juin). Afin de limiter les risques de lessivage par l'eau (particulièrement lors de la fonte du couvert neigeux au printemps), le fertilisant doit préférablement être appliqué au printemps, après le dégel et le drainage de l'eau. Certains sites où la portance du sol est limitée pourraient toutefois devoir être fertilisés immédiatement après la restauration, alors que la surface de la tourbe couverte de paille permet la circulation de la machinerie.

2.7 Blocage des canaux de drainage

Tout comme dans le cas des bogs, le remouillage du site visant à rétablir les conditions hydrologiques favorables au retour d'un écosystème de tourbière minérotrophe nécessite la mise en place de barrages afin de bloquer la circulation de l'eau dans les anciens canaux de drainage. Leur construction peut être planifiée en suivant les recommandations du guide sur les techniques de remouillage des tourbières du GRET⁶.

Afin de recréer une continuité apparentée à la transition naturelle entre les tourbières et les marges forestières ou *laggs* adjacents, les travaux de restauration devraient prévoir l'aménagement des pourtours des secteurs à restaurer. La mise en place de pentes graduelles à la bordure de la tourbière devrait être prévue en même temps que les travaux de blocage des canaux de drainage principaux (qui ceignent normalement le secteur à restaurer).

⁶ Landry, J., Rochefort, L. 2011. Le drainage des tourbières : impacts et techniques de remouillage. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec, 53 p. [En ligne] [www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Revue_drainage-corr-fevrier_2013_02.pdf]

2.8 Suivi de la restauration

Une procédure de suivi est présentée dans la deuxième édition du Guide de restauration des tourbières de Quinty et Rochefort (2003)⁷. Quelques modifications ont été apportées au protocole au cours des dernières années, principalement dans un souci de maximiser les ressources face au nombre grandissant de tourbières restaurées devant être suivies annuellement. Cette section présente uniquement les modifications à la procédure de suivi originale. Cette procédure est également celle qui est privilégiée par le GRET pour le suivi des fens restaurés. En effet, elle a été prouvée robuste et semble appropriée peu importe le type de tourbière (fen ou bog). La collecte de données à long-terme et des observations sur le terrain dans les fens restaurés permettront toutefois d'amener des modifications à la procédure si nécessaire. Le suivi est une étape essentielle des projets de restauration qui ne doit pas être négligée. Selon les ressources disponibles, la méthode de suivi présentée dans le Guide de restauration peut toutefois être adaptée. Un résumé des suivis minimaux recommandés suite à la restauration est présenté au Tableau 6.

Il est important de mentionner qu'il n'est pas possible pour le moment de déterminer la liste précise des indicateurs de succès des projets de restauration des fens en raison de l'état encore peu avancé des connaissances sur le sujet. La poursuite des suivis à grande échelle (inclusion de nouveaux sites) et à long-terme (hydrologiques, de végétation, du carbone, de l'état général du site) ainsi que l'analyse attentive des données recueillies seront nécessaires afin de développer ces indices et de définir la trajectoire écologique des fens restaurés. À titre d'exemple, le GRET a défini pour la première fois des indicateurs de succès de la restauration des bogs en 2014^{8,9}, soit près de 20 ans après les premiers essais de restauration. Pour l'instant, les objectifs de restauration des fens visent à se rapprocher des écosystèmes de référence et à combler les attentes plus spécifiques des projets de restauration tels que la biodiversité, la stabilisation du sol ou le captage de carbone.

2.8.1 Végétation

Un suivi du retour de la végétation devrait être réalisé dans au moins cinq (5) parcelles permanentes par « secteur » restauré. Un « secteur » est une zone où la restauration est uniforme, c'est-à-dire qu'elle a été effectuée au même moment, avec le même matériel végétal, selon la même méthode et sur un site homogène (en matière de drainage, de topographie, de chimie de la tourbe, etc.). Pour les secteurs très hétérogènes, il peut être nécessaire d'installer plus de cinq parcelles permanentes. À l'intérieur de chacune des parcelles, nous conseillons de réaliser les inventaires de la strate vasculaire dans quatre (4) quadrats de 1 m². Les inventaires de la strate muscinale sont effectués dans 12 quadrats de 25 cm x 25 cm. La Figure 5 présente la

⁷ Quinty, F., Rochefort, L. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e éd. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec. 119 p. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Guide-restauration_2e_2003_01.pdf)

⁸ González, E., Rochefort, L. 2014. Drivers of success in 53 cutover bogs restored by a moss layer transfer technique. *Ecological Engineering* 68: 279-290. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_Rochefort_EcolEngin_2014.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_Rochefort_EcolEngin_2014.pdf)

⁹ González, E., Rochefort, L., Boudreau, S., Poulin, M. 2014. Combining indicator species and key environmental and management factors to predict restoration success. *Ecological Indicators* 46: 156-166. [En ligne] [\[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_et_al_EcolIndic_2014.pdf\]](http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Gonzalez_et_al_EcolIndic_2014.pdf)

disposition des quadrats à l'intérieur de la parcelle permanente. Un exemple de formulaire utilisé pour ces relevés est présenté à l'Annexe B.

Tel que présenté dans le Guide de restauration des tourbières, le GRET propose généralement la fréquence d'inventaire suivante : 3, 5, 7 et 10 ans suivant la restauration, puis ensuite tous les cinq ans. Il n'est pas recommandé de réaliser les inventaires avant trois ans, car, à ce stade, les plantes se trouvent encore généralement sous la paille et sont très difficiles à identifier. Lorsque le couvert végétal est encore faible, il est primordial d'éviter de perturber le terrain pendant les inventaires et le port de raquettes en plastique peut s'avérer nécessaire pour les déplacements des évaluateurs.

La présence d'espèces envahissantes ou indésirables (à l'intérieur ou l'extérieur des parcelles permanentes) dans le secteur restauré doit être soigneusement consignée et, idéalement, cartographiée. L'évolution de ces populations devrait être vérifiée à quelques moments au courant de l'année afin de déterminer si des actions de contrôle doivent être entreprises.

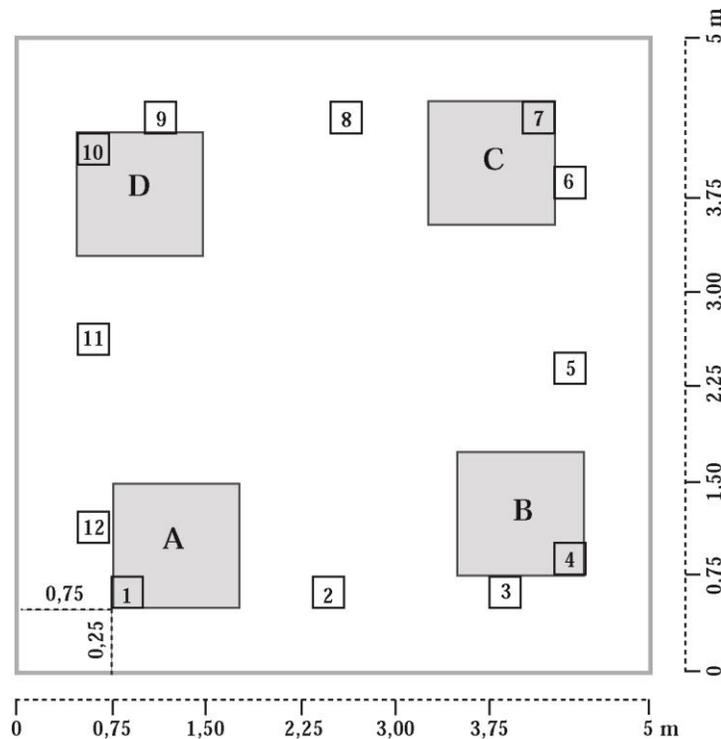


Figure 5 : Disposition des quadrats pour l'inventaire de la végétation dans les parcelles permanentes de 25 m² (5 m x 5 m). Les quadrats pour les plantes vasculaires (1 m x 1 m) sont identifiés de A à D. Les quadrats pour les plantes muscinales (25 cm x 25 cm) sont identifiés de 1 à 12.

2.8.2 Hydrologie

Une vérification de l'intégrité des barrages doit également être menée périodiquement afin de minimiser les variations du niveau d'eau dans les secteurs restaurés. Dans le cas où des défaillances sont observées, les correctifs doivent être apportés le plus rapidement possible de

façon à préserver le maximum d'eau dans la tourbière. À l'inverse, il se peut aussi que des barrages doivent être temporairement abaissés ou ajustés à la suite des travaux. L'observation des secteurs d'écoulement et d'accumulation d'eau au printemps, lors de la fonte des neiges ou encore après de fortes précipitations, permet d'identifier ces situations.

2.8.3 Érosion

Les principaux signes d'érosion sont généralement visibles dès la première année suivant les travaux de restauration. Pendant cette première année, les précipitations et le ruissellement indiquent les zones sensibles au ravinement et à la déposition de matériel. Le dégel printanier met ensuite à l'épreuve les structures construites lors des travaux de restauration. Un suivi à court terme devrait donc être prévu, tout en gardant en tête que le remouillage d'un fen est une initiative à long terme, tant au niveau des résultats des interventions réalisées que de la stabilisation du milieu. Une visite quelques semaines après la fin des travaux, puis le printemps suivant la restauration, ainsi qu'une vérification annuelle (tant que de grandes étendues de tourbe sont toujours non végétalisées) ou bisannuelle devraient être prévues. Une cartographie des principaux problèmes ainsi qu'une description détaillée et des photographies des actions posées permettront de déterminer les techniques les plus adaptées aux situations rencontrées et de planifier les actions devant être entreprises. Des techniques de contrôle de l'érosion sont présentées à la section 2.2 de ce document.

Tableau 6 : Recommandation de suivis minimaux suivant la restauration de tourbières (fens et bogs)

Type de suivi	Début du suivi	Fréquence
Végétation	3 saisons de croissance ¹⁰ après les travaux.	3, 5 et 10 ans suivant la restauration.
Hydrologie	Quelques semaines après les travaux, puis pendant le premier printemps (lors du dégel).	Annuellement pour les trois premières années, puis après 5 et 10 ans suivant la restauration. Au printemps si possible.
Érosion	Quelques semaines après les travaux, puis pendant le premier printemps (lors du dégel).	Annuellement pour les trois premières années, puis après 5 et 10 ans suivant la restauration. Au printemps si possible.

¹⁰ Par « saison de croissance », on entend une saison estivale, en tout ou en partie. Le calcul du temps écoulé doit se faire en fonction des saisons et non des années. Ainsi, pour des travaux réalisés pendant une même année, la végétation d'un site restauré au printemps aura profité d'une saison de croissance de plus que celle d'un site restauré à l'automne.

ANNEXE A

FICHES D'INFORMATION SUR LA PRODUCTION D'ESPÈCES TYPIQUES DES FENS

***Calamagrostis canadensis* (Michx.) P. Beauv**



Photo : Gilles Ayotte

Informations sur la propagation

Récolte des graines Fin août – début septembre
Dans les endroits secs, forme parfois de larges colonies.

Production Stratification de 90 jours à 3 °C

Introduction et établissement

Semis *in situ* Bons résultats de germination lorsque semés à la volée *in situ*; espèce à considérer pour des mélanges de graines.

Plantations Le *Calamagrostis canadensis* réussit à s'établir lorsqu'il est introduit en plants dans des colonies de *Scirpus cyperinus*, une graminéoïde particulièrement agressive. Sa présence pourrait augmenter la diversité des scirpaies.

Caltha palustris L.



Plante; feuilles et fleurs



Follicules fermés



Follicules ouverts (graines mures)

Photos : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Fin juin à la fin juillet, dans les fossés et les lieux humides. Les fleurs jaunes permettent d'identifier tôt l'emplacement des colonies. À maturité, les follicules s'ouvrent et les graines s'en échappent; mieux vaut visiter souvent les plants pour les récupérer à temps!
Production	Stratification de 90 jours à 3°C. Comme les graines sont coriaces, laisser tremper dans l'eau pendant 24 heures avant la stratification.

Introduction et établissement

Semis <i>in situ</i>	Bons résultats de germination lorsque semés à la volée <i>in situ</i> ; pourrait être réintroduit à la volée sur les abords en pente douce des mares et les zones humides près des andains. Pourrait aussi être intégré à des mélanges de graines destinés à la revégétalisation des zones où la nappe phréatique est près de la surface du sol.
----------------------	--

Campylium stellatum (Hedw.)

C.E.O. Jensen

Le *Campylium stellatum* est une espèce muscinale particulièrement abondante dans la tourbière naturelle aux abords du site restauré de Bic-Saint-Fabien.



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte du matériel	Le <i>Campylium</i> croît dans les platières humides des fens et sa récolte se fait en cueillant les segments entiers. Il forme généralement des colonies denses, où il peut être mélangé, entre autres, au <i>Scorpidium</i> sp.
Entreposage	Le <i>Campylium</i> récolté se conserve au réfrigérateur (environ 4 °C) quelques semaines dans des sacs de plastique entrouverts. Les mousses doivent être gardées en les arrosant avec de l'eau non chlorée (eau de pluie ou de fen). Il est déconseillé de les congeler (des recherches sont en cours pour étudier la réponse des mousses à la congélation).
Utilisation	<p>Pour ensemercer le <i>Campylium</i>, séparer les fragments et épandre en mince couche sur le substrat nivelé et rafraîchi. Presser légèrement la mousse afin de s'assurer du contact entre les fragments et le substrat (avec les mains ou une planche de bois). Le <i>Campylium</i> est sensible au dessèchement; le recouvrir avec un paillis aéré permet de créer des conditions microclimatiques favorables à sa survie.</p> <p>Le <i>Campylium stellatum</i> est une mousse particulièrement robuste. Des études* ont notamment démontré sa résistance au sel. Il s'agit d'une des bryophytes les plus intéressantes pour la réintroduction dans les fens restaurés.</p>

Introduction et établissement

Production	Le <i>Campylium</i> a démontré des résultats positifs de culture en bassins lorsque les niveaux d'eau sont contrôlés. Cette espèce pourrait être produite en bassins pour des fins de restauration.
Transfert de la couche de surface du sol	Cette espèce est récalcitrante à l'introduction par transfert de la couche de surface du sol et s'établit difficilement lorsqu'elle est épandue à grande échelle.
Interaction avec les autres espèces	La présence de grandes cypéracées (par exemple, le <i>Carex aquatilis</i>) a un effet négatif sur l'établissement du <i>Campylium</i> . Le <i>Carex flava</i> , de plus petite taille, pourrait toutefois avoir un effet positif.

* Pouliot, R., Rochefort, L., Graf, M. D. 2013. Fen mosses can tolerate some saline conditions found in oil sands process water. *Environmental and Experimental Botany* 89: 44-50. [En ligne] [\[dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.004\]](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.004)

***Carex aquatilis* Wahlenb.**



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Début août. Forme de larges colonies monospécifiques. Attention : le <i>Carex aquatilis</i> est souvent l'hôte de parasites qui détruisent les semences. Une vérification visuelle (chercher des graines noires ou grisâtres) permet de repérer les infructescences touchées.
Production	Les conditions testées en laboratoire (stratification de 0, 50, 75 ou 90 jours de à 3 °C) n'ont pas permis d'atteindre un taux de germination suffisant pour la production en serre (<1 %).
Viabilité	Les lots de graines récoltées dans la région de Bic–Saint-Fabien présentaient toutefois un taux de viabilité de 16 % avant la stratification.

Introduction et établissement

Introduction	Il s'agit d'une espèce récalcitrante à la technique de transfert de la couche de surface. Elle s'établit par contre très bien lorsqu'introduite à l'aide de plants produits en serre ou par transfert de plants entiers.
Établissement	Dans des conditions où la nappe phréatique est située près ou au-dessus de la surface du sol, <i>C. aquatilis</i> peut rapidement devenir envahissant.
Utilisation	L'important système racinaire du <i>C. aquatilis</i> se développe rapidement; cette espèce est particulièrement bien adaptée à des usages de stabilisation du sol. Pour une restauration dont le but premier est le retour de la fonction d'accumulation du carbone, le <i>Carex aquatilis</i> devrait être réintroduit en priorité, puisqu'il s'agit de la seule espèce qui a démontré une capacité accrue de séquestration du carbone.
Interaction avec les espèces	La grande quantité de biomasse produite annuellement restreint l'établissement des mousses sous les couverts denses de <i>C. aquatilis</i> .

Carex disperma Dewey



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Début août. Forme des tapis lâches, souvent en compagnie d'autres espèces de <i>Carex</i> .
Production	Stratification de 90 jours à 3 °C. Le taux de germination est alors d'environ 27 %.
Viabilité	Les lots de graines récoltées dans la région de Bic–Saint-Fabien avaient un taux de viabilité de 88 % avant la stratification.

Établissement et implantation

Semis <i>in situ</i>	Bons résultats de germination lorsque semés à la volée <i>in situ</i> ; pourrait être intégré à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.
----------------------	---

***Carex echinata* Murray**



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines De la fin juillet à la fin août.

Production Les conditions testées (stratification de 0, 50, 75 ou 90 jours à 3 °C) n'ont pas permis une germination satisfaisante ($\pm 3\%$) pour la production en serre.

Viabilité Les lots de graines récoltées dans la région de Bic-Saint-Fabien présentaient toutefois un taux de viabilité de 96 % avant la stratification.

Établissement et implantation

Semis *in situ* Bons résultats de germination lorsque semés à la volée *in situ*; pourrait être intégré à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.

Carex flava L.



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines Fin juillet à septembre.

Cette espèce peut former de larges colonies monospécifiques.

Production Stratification de 75 jours à 3 °C

Taux de germination Après 14 jours de croissance :

(selon la durée de 29 ± 6 % (stratification de 0 jour)

stratification)

49 ± 3 % (stratification de 50 jours)

81 ± 3 % (stratification de 75 jours)

65 ± 4 % (stratification de 90 jours)

Détails La germination est plus lente lorsqu'il n'y a pas de stratification ou que la période est plus courte que 90 jours, mais au final une bonne proportion des graines germent (73 % et plus après 28 jours, selon la durée de stratification). Après 28 jours de croissance, il n'y a pas de différence entre les lots de 0 et 75 jours de stratification.

Établissement et implantation

Semis *in situ* Bons résultats de germination lorsque semés à la volée *in situ*; cette espèce pourrait être intégrée à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité ou encore semé à la volée dans des secteurs relativement secs.

Plantations Cette espèce est aussi un bon choix pour la production en serre. Les plantations s'établissent avec succès dans les secteurs plus secs. Dans des conditions où la nappe phréatique se rapproche de la surface du sol, elle est toutefois sensible au soulèvement gélival.

Transfert de la Cette espèce est récalcitrante à la technique de transfert de la couche de couche de surface surface du sol.

du sol

***Carex magellanica* Lam.**



Plante entière

Détail des épis

Photos : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Août. Les tiges éparses sont souvent trouvées parmi d'autres espèces de <i>Carex</i> .
Production	Stratification de 90 jours à 3°C
Taux de germination (selon la durée de stratification)	0 % (stratification de 0 jour) 3 ± 2 % (stratification de 50 jours) 22 ± 4 % (stratification de 75 jours) 31 ± 3 % (stratification de 90 jours)
Taux de viabilité	Les lots de graines récoltées dans la région de Bic-Saint-Fabien avaient un taux de viabilité de 74 % avant la stratification.

Établissement et implantation

Semis <i>in situ</i>	Bons résultats de germination lorsque semés à la volée <i>in situ</i> ; cette espèce pourrait être intégrée à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.
Plantations	Cette espèce ne s'établit pas avec succès dans les plantations monospécifiques. Elle est particulièrement sensible au soulèvement gélival.

Eriophorum viridicarinatum (Engelm.)
Fernald



Photo : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines Juillet – août.

Lors de la stratification, vérifier régulièrement les sacs de graines. La présence de soies abondantes peut causer des problèmes de moisissures si le substrat est trop humide.

Production Stratification de 50 jours à 3 °C

Taux de germination 32 ± 6 % (stratification de 0 jour)
(selon la durée de **76 ± 3 % (stratification de 50 jours)**
stratification) 27 ± 5 % (stratification de 75 jours)
 22 ± 9 % (stratification de 90 jours)

Introduction et établissement

Semis *in situ* Bons résultats de germination lorsque semés à la volée *in situ*; pourrait être intégré à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.

Plantations Cette espèce s'établit avec succès en plantations monospécifiques.

Scirpus cyperinus (L.) Kunth



Touradon



Détail des infructescences

Photos : Julie Lajoie

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Septembre – octobre
Production	Stratification de 75 ou 90 jours à 3 °C (pas de différence significative entre les deux durées)
Taux de germination	0 % (stratification de 0 jour)
(selon la durée de stratification)	29 ± 7 % (stratification de 50 jours) 41 ± 9 % (stratification de 75 jours) 55 ± 6 % (stratification de 90 jours)

Introduction et établissement

Utilisation Le *Scirpus cyperinus* est une espèce normalement trouvée en proportions modérées dans les fens naturels. Elle colonise aussi largement la tourbe minérotrophe résiduelle des tourbières abandonnées après l'extraction de la tourbe.

Sa présence peut être problématique lorsqu'elle forme de larges colonies monospécifiques. C'est une espèce particulièrement productive qui forme une canopée et une masse racinaire empêchant l'implantation d'autres espèces, limitant la biodiversité.

Elle peut toutefois constituer un habitat faunique de qualité pour certaines espèces d'oiseaux et de petits mammifères.

Dans un contexte de restauration, la biomasse produite et son faible taux de décomposition contribuent à l'accumulation rapide de tourbe*. Sa capacité d'établissement rapide pourrait être mise à profit pour la revégétalisation rapide de secteurs à risque d'érosion ou d'envahissement par des espèces indésirables.

* Graf, M. D., Rochefort, L. 2009. Examining the peat-accumulating potential of fen vegetation in the context of fen restoration of harvested peatlands. *Écoscience*, 16 (2): 158-166. [En ligne]

[www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrerecherche/Graf_Rochefort_Ecoscience_2009_02.pdf].

Trichophorum alpinum (L.) Pers.



Plante entière avec inflorescences



Détail des inflorescences avec graines matures

Photos : Maryse Gendron & M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines	Mi-juillet à mi-août
Production	Stratification de 90 jours à 3 °C
Taux de germination	0 % (stratification de 0 jour)
(selon la durée de stratification)	4 ± 2 % (stratification de 50 jours)
	21 ± 5 % (stratification de 75 jours)
	38 ± 5 % (stratification de 90 jours)

Informations sur l'établissement/implantation

Semis <i>in situ</i>	Bons résultats de germination lorsque semés à la volée <i>in situ</i> ; pourrait être intégré à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.
Plantations	Cette espèce s'établit avec succès en plantations monospécifiques à l'aide de plants produits en serre, peu importe les conditions d'humidité du sol.
Transfert de la couche de surface du sol	<i>T. alpinum</i> figure parmi les espèces favorisées par la méthode de transfert de la couche de surface du sol. Dans ce cas, la fertilisation phosphatée (250 kg/ha) a des effets positifs sur l'établissement de l'espèce.

***Trichophorum cespitosum* (L.)
Hartm.**



Photo : Maryse Gendron

Informations sur la propagation

Récolte des graines Fin juillet – août.

Production Les conditions testées en laboratoire (0, 50, 75 ou 90 jours de stratification à 3 °C) n'ont pas permis de faire germer cette espèce.

Viabilité Les lots de graines récoltées dans la région de Bic–Saint-Fabien présentaient toutefois un taux de viabilité de 38 % avant la stratification.

Introduction et établissement

Semis *in situ* Les essais de semis *in situ* n'ont pas permis la germination de cette espèce.

Plantations Cette espèce s'établit avec succès en plantations monospécifiques à l'aide de plants produits en serre lorsqu'elle est introduite dans des conditions sèches. À l'inverse, elle ne se maintient pas dans les secteurs où la nappe phréatique est près de la surface du sol.

Triglochin palustris L.



Plante entière avec graines matures

Détail des graines matures

Photos : M.-C. LeBlanc

Informations sur la propagation

Récolte des graines Septembre – octobre.

Production Stratification de 90 jours à 3 °C

Taux de germination $62 \pm 3 \%$ (stratification de 0 jour)
(selon la durée de $73 \pm 5 \%$ (stratification de 50 jours)
stratification) $73 \pm 6 \%$ (stratification de 75 jours)
 $87 \pm 1 \%$ (stratification de 90 jours)

Viabilité Les lots de graines récoltées dans la région de Bic–Saint-Fabien
 présentaient un taux de viabilité de 62 % avant la stratification.

Introduction et établissement

Semis *in situ* Bons résultats de germination lorsque semés à la volée *in situ*; pourrait
 être intégré à des mélanges de graines dans une optique de biodiversité.
 Une expérience cherche présentement à connaître l'effet de cette
 espèce sur la stabilisation du sol et le soulèvement gélocal.

Plantations Cette espèce s'établit avec succès en plantations monospécifiques à
 l'aide de plants produits en serre, peu importe les conditions d'humidité
 du sol.

Transfert de la *T. palustris* figure parmi les espèces favorisées par la méthode de
couche de surface transfert de la couche de surface du sol. Dans ce cas, la fertilisation
du sol phosphatée (250 kg/ha) a des effets positifs sur l'établissement de
 l'espèce.

ANNEXE B

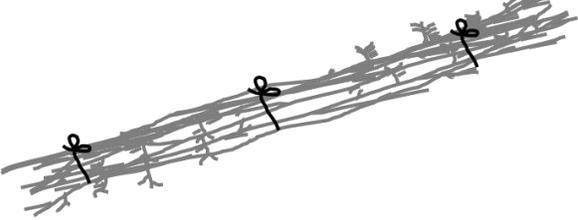
FICHES D'INVENTAIRE DE LA VÉGÉTATION

ANNEXE C

PROCOLE DE FABRICATION DES FAGOTS POUR LE CONTRÔLE DE L'ÉROSION

Protocole de fabrication de fagots pour le contrôle de l'érosion

Les fagots sont des cylindres de branches nouées permettant de stabiliser le sol tout en réintroduisant des espèces typiques dans les tourbières. Ils peuvent être fabriqués en utilisant des végétaux en provenance du site à restaurer, en suivant la méthode suivante :

<p>Des tiges d'un maximum de 3 cm de diamètre sont prélevées sur des arbres ou des arbustes choisis pour la fabrication des fagots, alors que les végétaux sont en dormance (printemps ou automne).</p> <p>Les branches (et éventuellement les fagots) non utilisées doivent être entreposés dans un endroit à l'abri du soleil et du vent et arrosés régulièrement pour éviter la dessiccation.</p> <p>Le <i>Spiraea latifolia</i> et le <i>Salix</i> sp. ont démontré des résultats particulièrement intéressants.</p>	
<p>Plusieurs branches sont placées en alternant les extrémités (« feuilles » et « tige »), puis nouées à l'aide d'une corde naturelle (sisal ou autre) de façon à former des boudins compacts. Les fagots ne devraient pas dépasser 25 cm de diamètre et 2 m de longueur.</p>	
<p>Plusieurs fagots peuvent être fabriqués et entrelacés pour couvrir toute la zone voulue. On s'assure alors qu'il y ait un chevauchement des fagots pour éviter les brèches.</p> <p>Les fagots sont installés dans une tranchée d'une quinzaine de centimètres de profondeur.</p>	
<p>Ils sont ensuite fixés à l'aide de pieux de bois et de corde au besoin, pour les stabiliser.</p>	
<p>Avec le temps, les fagots prendront racine, capteront du matériel et stabiliseront le substrat.</p>	